



선박피난분석프로그램 신뢰성 제고를 위한 실선 퇴선훈련과의 비교분석

김원옥 · 김대희†

한국해양수산연수원(교수) · (주)삼우이머션(대표)†

Improvement of SEA-Pro Reliability Through Comparison with the Real Ship's Abandon Ship Drill

Won-Ouk KIM · Dae-Hee KIM†

Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology · †Samwoo Immersion Co., Ltd.(CEO)

Abstract

Marine accidents caused by ships are very diverse, such as collision, sinking, stranding and fire. In particular, persons on passenger ship are unspecified and not trained, so it makes evacuation harder. For this reason, evacuation plan that considers diverse situation in ship is needed. Effective evacuation planning requires training in consideration of various evacuation situations. In this study, to verify the reliability of the SEA-Pro(Ship Evacuation Analysis Program), we conducted an actual evacuation drill at the Trainingship HANNARA which belongs to the Korea Maritime University and compared it with the results of SEA-Pro. The results were analyzed to be almost similar to those of SEA-Pro and actual ship training. SEA-Pro will be able to predict the result of situations that may occur on a real ship but are difficult to test. Moreover, this will be the basic data for the effective evacuation planning such as proper designation of appropriate number of ships and evacuation facilities in consideration of safety of evacuation during ship's construction or evacuation dispersion for high-flow areas through evacuation analysis of existing ships.

Key words : Marine accidents, Abandonship, SEA-pro, Trainingship, Evacuation Analysis, Evacuation planning

I. 서론

선박에 의한 해양사고는 충돌, 침몰, 좌초 및 화재 등 매우 다양하며 선박은 내부 구조가 협소하고 복잡하여 퇴선이 쉽지 않다. 이런 이유로 선박에서는 매월 1회 반드시 퇴선훈련을 수행하도록 규정하고 있다(KR, 1998). 특히, 여객선은 안전훈련을 이수하지 않은 불특정 다수의 승객이

승선하므로 퇴선이 더욱 어렵다. 이러한 이유로 다양한 상황을 고려한 선박의 퇴선계획은 필요하다. 즉, 인명 생존율을 높이기 위한 효과적인 퇴선 계획이 필요한데 이는 다양한 퇴선 상황을 고려한 훈련에 의해서 얻어진다. 하지만 선박은 여러 가지 특성상 실제로는 일어날 수 있는 상황에도 훈련을 못할 수도 있다. 예를 들면 화재에 의한 퇴선 시 유독가스에 의한 가시거리 감소, 선

† Corresponding author : , kdavid73@gmail.com,

* 본 연구는 정부(해양경찰청)의 재원으로 재난안전기술개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임 [MPSS-해경-2016-006].

체 과공으로 인한 선박 경사 시 훈련은 선박 자체에서는 거의 불가능하다. 이런 경우 인간의 행동특성을 고려한 선박 피난분석 프로그램을 통해 다양한 시나리오 분석이 필요하다. 하지만 선박 피난분석 프로그램을 사용하기 위해서는 신뢰성이 확보되어야 한다. 그래서 이 연구에서는 이미 개발된 선박피난분석프로그램 (Ship Evacuation Analysis Program, 이하 SEA-Pro)의 신뢰도를 확인하기 위하여 한국해양대학교 실습선 한나라호에서 실제 퇴선훈련을 수행한 후 SEA-Pro의 결과값과 비교분석하여 신뢰성에 대해 고찰하였다. 정확한 데이터 분석을 위해 실제 실습생들의 인적사항 및 거주구역을 동일하게 지정하였다. 또한, 실제 선박에서 수행하고 있는 동일한 상황에서 퇴선훈련을 수행하였다. 특히, 퇴선상황은 모든 실습생들이 침실에 있을 때 만 발생하는 것이 아니기 때문에 이를 고려하여 일정한 장소에서 퇴선장소에 집합하는 훈련도 추가로 수행하였다. 이 논문은 실습생의 성별, 연령 등 다양한 상황에 따른 인간행동 특성을 고려한 결과 분석이 아니라 선박피난분석프로그램에 대한 신뢰도 분석을 위한 것으로 실제 훈련 데이터와 프로그램을 이용한 값을 비교분석한 것임을 밝혀둔다. 다양한 상황에 따른 실험 데이터 분석은 저자가 타 학회에 게재한 논문(Kim, 2016)을 참고하기 바란다.

II. 분석 방법

SEA-Pro에 적용된 자세한 국내외 피난관련 이론식 등은 우리 학회에 먼저 게재된 연구를 참조한다(Kim and Kim, 2016; Kim, 2017; Kim and Kim 2018). 이 연구에서는 SEA-Pro의 신뢰성 제고를 위해 실제 선박에서의 퇴선훈련 데이터를 분석하기 하였다. 이를 위해 2018년 3월 2일 및 5월 4일 한국해양대학교 실습선 한나라호([Fig. 1], 전장 102m, 선폭 14.5m, Summer Draft 5.14m, G/T 3,640M/T)에서 훈련을 수행하였다. 첫번째

수행한 경우는 모든 실습생을 대상으로 훈련을 수행한 것으로 선내구조를 잘 알지 못하는 상황을 고려하였다. 그리고 두번째 훈련의 경우는 선내 구조에 익숙한 경우를 가정하였으며 특수한 경우는 실제 상황에도 모든 실습생이 동시에 같은 장소에 있지 않을 것으로 판단하여 일부 인원을 대상으로 실험을 수행하였다.



[Fig. 1] Trainingship HANNARA.

실습생은 실제 거주하고 있는 남학생 64명, 여학생 22명, 총 86명을 대상으로 하였다. 이때 서론에서 밝힌 바와 같이 실제와 동일한 상황을 재현하기 위해 참여 실습생들의 성별과 연령을 구분하였으며 실제 거주한 구역과 동일하게 배치하였다. 이때 사용된 한나라호의 도면은 [Fig. 2]와 같고 실제 실습생들이 거주한 main deck와 second deck이다.



[Fig. 2] Drawing of main & second deck.

[Fig. 3]은 선박 피난분석 프로그램인 SEA-Pro를 이용하여 구성된 main deck와 second deck이

다. SEA-Pro는 기존 피난 프로그램에서 Auto cad 등을 사용하던 방식에서 도면을 그림 파일로 저장하여 업로드 시킨 다음 임의의 한 구역의 크기를 지정하면 전체적으로 scale이 자동 지정되어 완성되는 방식으로 도면 제작 프로그램을 잘 사용하지 못하는 사용자가 쉽게 사용할 수 있어 타 프로그램보다 사용 편의성 부분에서 큰 장점을 가진다.



[Fig. 3] Main deck & second deck of SEA-Pro.

<Table 1> Analysis of abandon ship drill

	Evacuation person	Evacuation time (sec)	Sex
No. 1 boat	First	49	male
	Last	135	female
No. 2 boat	First	64	male
	Last	120	female
No. 3 boat	First	55	male
	Last	130	male
No. 4 boat	First	46	male
	Last	135	male
No. 5 boat	First	50	female
	Last	150	male
No. 6 boat	First	60	female
	Last	140	male

각 호정별로 정리하면 <Table 1>과 같고 [Fig. 4]는 실제 훈련 장면이다. 특히, <Table 1>에서 Arrival person은 도착한 실습생을 의미하며 first는 최초 도착자, last는 최종 도착자를 말한다.

추가로 모든 실습생을 대상으로 하는 퇴선훈련이 아닌 특수한 상황에 대한 훈련을 수행하였다. 여러 가지 상황 중 이 연구에서는 실습생들이 사위장에 있을 때를 설정하였다. 단, 복장은 미리 착용한 것으로 하였다. 이때 훈련 대상은 남자 10명, 여자 4명으로 모두 14명을 대상으로 구성하였다. 실제 훈련결과는 <Table 2>와 같고 [Fig. 5]는 실제 훈련 장면이다.



[Fig. 4] View of abandon ship Drill.

<Table 2> Analysis of special situation Drill

No. 1 Boat	Evacuation time (sec)	Sex
First Evacuation person	26	female
Last Evacuation person	47	male



[Fig. 5] View of special situation Drill.

Ⅲ. 선박피난분석프로그램을 이용한 결과 분석

SEA-Pro는 선원 및 승객들의 피난시간 및 피난동선 분석하는 것을 목적으로 하고 있으며 자세한 기능과 내용은 Kim and Kim(2018)의 연구를 참고한다. 실제 훈련 상황과 동일하게 SEA-Pro에 배치하고 이를 사용하여 결과를 분석하였다. 즉, 실제 실습생의 연령, 성별, 침실위치를 동일하게 지정한 다음 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과 [Fig. 6]과 같이 최초 도착자 47초, 최종 도착자 2분 11초(131초)로 나타났다.

[Fig. 7]은 실습생들의 피난이동 경로를 보여준다. 특히, 붉은색으로 표현된 지역은 실습생들이 집중되어 병목현상을 보이는 곳이다. 즉, 이 자료는 선내 인원들의 주 피난경로를 보여주는 것으로 SEA-pro를 통해 미리 파악이 가능하다. 실제 훈련에서 다양한 배치를 통해 반복 훈련하기에는 시간 등 여러 가지 이유로 곤란한 경우가 많다. 이때 SEA-pro를 이용하면 어떠한 상황에서도 분석이 가능하다. 이러한 분석 결과는 구조 경로

파악 및 인명 생존율을 높이기 위한 피난계획 설정에 상당한 도움이 될 것이다.



[Fig. 6] Analysis of Evacuation simulation result (abandonship drill).

실습선에서의 실제 퇴선훈련 결과와 SEA-Pro를 이용한 결과를 비교하면 <Table 3>과 같다. 최초 도착자의 차이는 실제 훈련결과와 시뮬레이션 결과와의 차이가 1초로 거의 동일한 것으로 나타났다. 퇴선에 있어 최초 도착자는 상황을 신속하게 판단해서 최단코스로 이동하기 때문에 계산에 의한 값은 거의 유사한 것으로 판단된다. 하지만 최종 도착자의 경우는 그 차이가 19초로 나타났다. 이는 실습생의 피난반응의 정도, 최단



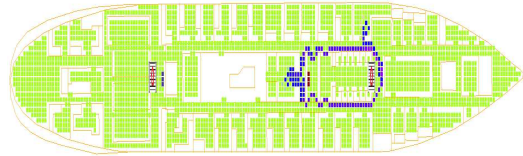
[Fig. 7] Evacuation route.

스 판단 미숙 등으로 그 차이가 큰 것으로 생각 된다. 이 부분은 인간행동 특성에 관한 것으로 정량화하는 것은 거의 불가능하다. 이러한 이유로 대표적으로 BMT에서는 Ship Evacuation Behaviour Assessment (SHEBA) facility을 이용하여 다양한 상황을 고려한 실험을 수행하여 유의적인 데이터를 얻기 위해 노력 중이다(BMT, 2019).

<Table 3> Comparative analysis of Trainingship HANNARA and SEA-Pro (Abandonship Drill)

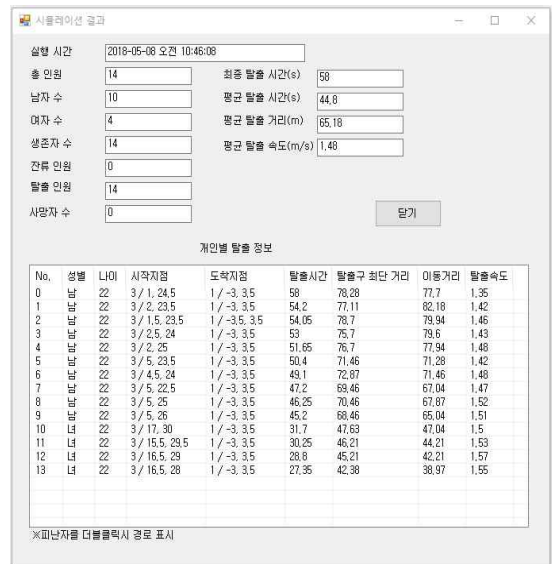
Evacuation time	Trainingship HANNARA	SEA-Pro	Diff.
First Evacuation time(s)	46	47	1
Last Evacuation time(s)	150	131	19

그리고 main deck에 위치한 샤워장(특수상황) 탈출훈련을 위한 SEA-Pro의 배치도 및 피난 동선은 [Fig. 8]과 같고 분석 결과는 [Fig. 9]와 같다.



[Fig. 8] Evacuation route.

[Fig. 9]는 SEA-Pro를 이용하여 샤워장(특수상황)탈출훈련을 분석한 결과로 제일 위쪽은 최종 도착시간(58초)을 나타내고, 제일 아래쪽은 최종 도착시간(27.35초)이다.



[Fig. 9] Analysis of Evacuation simulation result (Special situation Drill).

실제 한나라호에서의 훈련과 SEA-Pro를 이용한 시뮬레이션 결과를 비교하면 <Table 4>와 같다. 최종 도착자의 차이는 실제 훈련결과와 시뮬레이션 결과와의 차이가 1초로 거의 동일한 것으로 나타났고 최종 도착자는 11초로 앞에서 밝힌 바와 같이 실습생의 피난반응의 정도, 최단코스

판단 미속 등으로 최초 도착자에 비해 그 차이가 큰 것으로 생각된다.

<Table 4> Comparative analysis of Trainingship HANNARA and SEA-Pro (Special situation Drill)

Evacuation time	Trainingship HANNARA	SEA-Pro	Diff.
First Evacuation time(s)	26	27	1
Last Evacuation time(s)	47	58	11

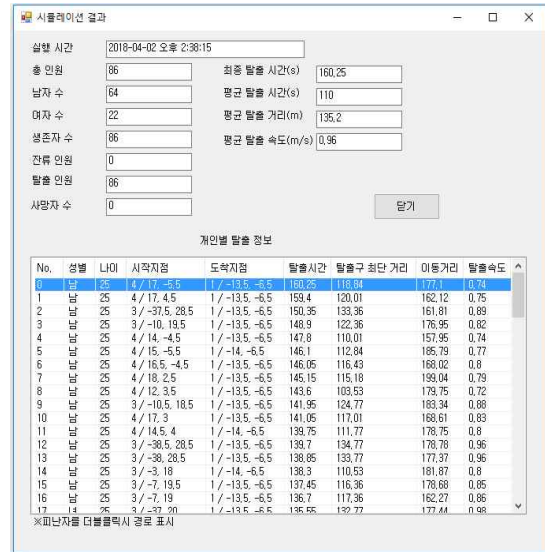
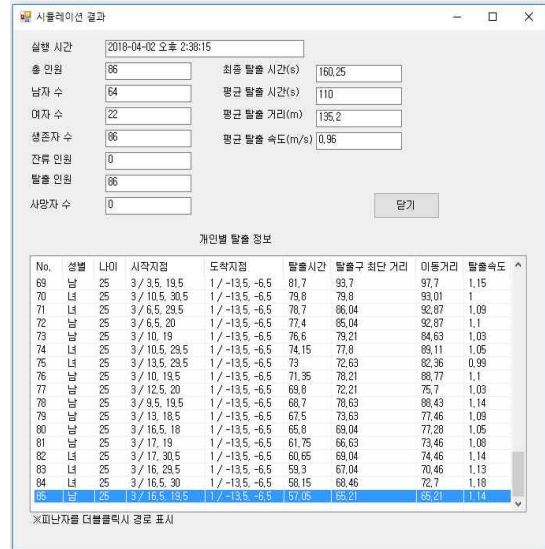
이와 같이 실제 훈련과의 비교 분석을 통해 신뢰성이 제고된 SEA-pro는 실선 테스트가 곤란한 상황 즉, 화재에 의한 가시거리 감소(SFPE, 2005) 및 파공에 의한 선박 경사(Sharp et al., 2003; Galea, 2016) 등에 대한 결과는 예측할 수 있을 것으로 판단된다. 그 예로 선박 경사에 의한 퇴선 훈련은 사실상 곤란하므로 이 프로그램을 통해 결과를 예측할 수 있으며 그 결과는 <Table 5> 및 [Fig. 10]과 같다.

<Table 5> Evacuation time using SEA-Pro due to heeling

Evacuation time	Result of SEA-Pro	
	0°	20°
First Evacuation time(s)	47	65
Last Evacuation time(s)	131	160

IV. 결론 및 고찰

이 연구에서는 선박 피난분석 프로그램인 SEA-Pro의 신뢰성 제고를 위해 실제 선박에서의 퇴선훈련 결과 및 특수한 상황에서의 피난 결과와 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.



[Fig. 10] Analysis of Evacuation simulation result according to Heeling(20 degree).

실제 퇴선 훈련을 통한 분석결과 최초 도착자는 46초, 최종 도착자는 2분 30초(150초)로 나타났다. 선박 피난분석 프로그램을 통한 분석결과 최초 도착자 47초, 최종 도착자 2분 11초(131초)로 나타났다. 이를 통한 비교분석 결과 도착자의 경우 거의 유사한 데이터가 도출되었다. 단, 최종 도착자의 경우 19초 정도의 차이가 나는 것은 실

습생의 피난반응 정도, 최단코스 판단 미숙 등으로 그 차이가 큰 것으로 생각된다. 이 부분은 인간행동 특성에 관한 것으로 정량화하는 것은 거의 불가능하지만 유의적인 결과 도출을 위해 향후 다양한 상황에 대한 연구가 필요할 것이다.

향후 SEA-Pro를 이용하여 실제 상황에서는 발생 개연성이 있지만 실제 훈련이 곤란한 상황에 대한 결과를 예측할 수 있을 것이다. 즉, 침수로 인한 경사 발생, 화재로 인한 가시거리 감소 등이 이에 해당될 것이다. 또한, 선박의 건조 시 피난 안전을 고려한 선박 적정 승선인원 지정 및 피난시설 배치 등에 사용 가능할 것이며 기존 선박의 피난 분석을 통해 유동이 많은 구역에 대한 피난 분산 등 효율적 피난계획 작성에 기초자료가 될 수 있을 것이다. 단, 다양한 상황에 대한 유의적 결과 도출을 위해 인간행동 특성에 대한 훈련 데이터를 수집할 필요가 있으며 이 데이터를 SEA-Pro에 적용한다면 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있을 것이다.

References

BMT(2019). Csaee study, Ship Evacuation Data Collection, <http://www.fleeteach.com/case-studies/project/95/ship-evacuation-data-collection> (accessed 10th Apr. 2019).

Galea(2016). "EXODUS/SMARTFIRE Software: engineering Safety, Security and Efficiency through

Simulation", EXDOUS International Seminar on Evacuation Solutions, p.29.

Kim WO and Kim DH(2016). A Study on Ship Evacuation Safety Consequent on the Size and Sort of Fire, The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 28(5), 1358~1364.

Kim WO and Kim DH(2018). Development Ship Evacuation and Analysis Program(SEA-Pro), The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 30(2), 422~432.
DOI:<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2018.04.30.2.422>

Kim WO(2017). A Study on Fire and Evacuation of TrainingShip HANBADA using FDS, The Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, 29(2), 380~385.
DOI: <https://doi.org/10.13000/JFMSE.2017.29.2.380>

Kim WO(2016). A Study on Evacuation Time According to Seafarer Visibility, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 22(6), 600~606.

Korea Registry(1998), Ministry of Oceans and Fisheries, SOLAS-Consolidated ed. 1998-, Haein press, 755.

SFPE(2005). SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3~372.

Sharp G, Galea ER and Gwynne S(2003). Critical review on model of evacuation analysis, FSEG & Greenwich.

-
- Received : 15 February, 2019
 - Revised : 10 April, 2019
 - Accepted : 18 April, 2019