

선박화재시 피난 안전성 연구

김원욱† · 김창제* · 채양범**

† 부경대학교 대학원 · *,**한국해양대학교 해사대학 항해학부

A Study on the Safety Evacuation of Onboard Fire

Won-Ouk Kim† · Chang-Jae Kim* · Yang-bum Chae**

† University Graduate school of Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

*Division of Navigation Science, Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

요 약 : 선박화재는 육상과 달리 숙련된 인원과 다양한 장비에 의한 소화활동이 곤란하며 거의 자체적인 진화작업을 수행해야하므로 소화가 쉽지 않다. 화재는 일반적으로 화염에 의한 인명사고 보다 매연에 의한 질식사의 확률이 높으므로 인명사고 방지하기 위해서는 신속한 초기 진화가 가장 중요하다. 하지만 여러 가지 이유로 부득이 소화가 지연되거나 불가능할 경우에는 화재 구역으로부터 신속한 탈출만이 인명사고를 방지할 수 있다. 이 연구에서는 CFD기법을 이용한 시뮬레이션을 통하여 선박화재시 탈출에 지장이 되는 매연농도를 측정하고 피난시간과 비교하여 적절한 피난이 가능한지에 대한 안전성을 검토하고자 한다.

핵심용어 : 선박화재, CFD, 매연농도, 피난시간

ABSTRACT : Unlike cases of fire on land where experienced fireman and various fire fighting equipment are present, onboard fires need to be independently extinguished, making it a complex process. The primal objective of getting quick control of a fire is to prevent casualties which generally occur from inhalation of toxic fumes rather than the fire itself. However, if for some inevitable reason the fire cannot be contained, everyone in that particular area must evacuate to avoid any possible casualties. In this research, through a simulation of the CFD, we will observe the soot density concentration which affects evacuation within an onboard fire in relation to the possible evacuation time to conclude a time zone for a safe exit.

KEY WORDS : Ship's fire, CFD, Soot density, Evacuation time

1. 서 론

1.1 개요

선박화재의 경우 육상의 화재와 달리 외부로부터 소방활동을 기대할 수 없고 자력으로 화재 사고를 처리해야하므로 소화에 한계가 있으며 이로 인해 화재가 대규모로 확산되어 인명과 선박의 손실을 가져오는 경우가 많다. 특히, 선박의 특성상 화재의 성장이 빠르고 대피시간이 부족하며 대피를 완료한다하더라도 화재가 확산되지 않은 장소가 협소하고 대부분 해상으로 도피할 수밖에 없어 2차적 위험에 봉착하는 경우가 많다. 이 연구는 화재시뮬레이션 전용프로그램인

FDS(Fire Dynamics Simulator)를 사용하여 화재의 성장에 따른 가시거리 예측과 연구자들에 의해 발표된 피난시간 예측식을 이용하여 피난안전성에 대해 연구하고자 한다.

2. 시뮬레이션에 의한 화재분석

이 시뮬레이션을 위한 계산조건은 시뮬레이션 시간 (120초), 화재규모(50kW), 화원의 크기(1m x 1m), 가연성 물질(PMMA), 실내온도 (20°C), 화재구역은 한국해양대학교 실습선 세미나실로 하였다. FDS를 이용한 시뮬레이션 결과에 의하면 Fig 1에 나타난바와 같이 약 20초후 좌우현 피난구에 가시거리가 10m로 감소되나 피난에 지장을 받을 수 있는 6m는 40초후에 감소되었으며 뒤쪽 출입구는 시뮬레이션 시간 중 계속해서 10m이상을 유지함을 알 수 있었다.

† 교신저자: 김원욱(정회원), kwo72@hhu.ac.kr 051)410-4762

* 김창제(정회원), kimc@hhu.ac.kr 051)410-4226

** 채양범(정회원), chaeyb@hhu.ac.kr 051)410-4287

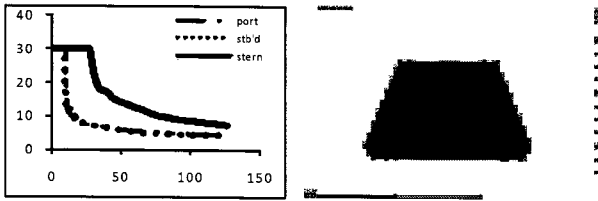


Fig. 1 Visibility per second using FDS

3. 피난시간 예측

3.1 계산식에 의한 피난시간 예측

이 연구에서는 한국해양대학교 실습선인 한나라호의 다중 이용시설인 세미나실(100인실)에서 화재시를 가정하여 학생들이 탈출하는데 소요되는 시간을 예측하였다. 예측방법은 Harold E. "Bud" Nelson의 비상시 이동 연구의 피난계산방법에 의하여 예측하였다(SFPE, 2005).

피난시간이란 거주자가 거주구역을 빠져나간 시간을 나타내는데 그 식은 식(1)과 같이 정리된다.

$$T_{ae} = T_{me}e + T_d \quad (1)$$

여기서, T_{ae} = 실제 피난 시간, $T_{me}e$ = 계산에 의한 피난 시간, e = 피난효율

$$T_d = \frac{\sqrt{\sum A_{area}}}{30} \quad (\text{김 등, 2001}) \quad (2)$$

세미나실의 전체면적은 $105m^2$ 이며 총 사용가능인원은 100명이다. 비상시 피난구로 사용되는 출입문은 총 3개로 그 넓이는 $75cm$ 이다. 식에 의해 피난시간을 구하면 피난시간은 132초로 예측되었다. 세미나실에는 총 3개의 비상구가 있으므로 약 44초의 피난시간이 소요될 것으로 예측되었다. 이는 최소한의 결과이며 이 계산에서는 모든 피난자가 피난준비가 된 상태에서 실시한 것으로 식(2)에 의한 피난초기 지연 시간 21초가 추가되면 약 65초의 피난소요시간이 걸릴 것으로 예상된다.

3.2 시뮬레이션에 의한 피난시간 예측

시뮬레이션에 의한 예측방법으로는 인간의 피난특성을 고려하여 개발된 Pathfinder를 이용하였으며 피난조건은 총 100명의 인원이 세미나실에 있는 것으로 하였다. Fig 2에서 보는바와 같이 100명의 인원이 3개의 출입구에 모이는 현상은 5초후에 나타나며 약 57초후 전원이 탈출하는 것으로 나타났다. 피난을 개시하기전까지의 소요시간 21초를 추가하면 총 78초의 피난시간이 소요될 것으로 예상된다. 여기서 피난효율은 피난유도 담당자의 활동지연, 합류지점에서의 지연, 피난자 개개인의 자체적인 지연 사유 및 복수의 피난구에 유난히 집중되는 피난구에 의한 영향 등에 따라 달라진다. 그리고 선행 연구에 의하면 Fig 3에서 보는바와 같이 자극성 연기의 소멸계수가 0.4에 도달할 때 급격하게 보행속도

가 감소함을 알 수 있다. 그러나 단시간에 출입구로 피난인원이 집중적으로 모이는 구조를 가진 세미나실에서는 보행 감소가 적용되지 않을 것으로 판단된다. 그러나 일반적인 구조인 긴 통로 혹은 층간 이동 등에는 반드시 이러한 내용의 검토가 이루어져야 한다.

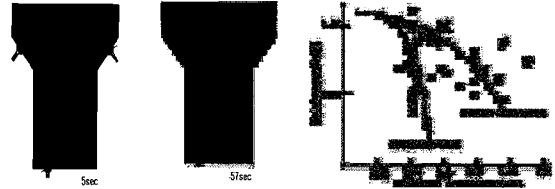


Fig. 2 5초후, 피난종료 Fig. 3 Walking speed during fire

5. 결 론

이 연구에서 예측된 피난소요시간은 65초 ~ 78초로 나타났다. 또한, 이 연구에서 실시한 화재시뮬레이션에 의하면 약 40초 이전까지만 가시거리를 확보하는 것으로 나타났다. 피난시뮬레이션 결과 100명의 인원 중 40초까지 피난에 성공한 사람은 73명으로 27명이 세미나실에 남아 있는 것으로 예상된다. 즉 가시거리가 제한되는 약 25초 ~ 38초에 27명의 인원이 유독가스에 질식할 가능성이 있는 것으로 판단된다. 그리고 이 결과는 피난자의 지연행동이 적용되어 있지 않은 상태로서 피난구 주변에 피난자가 넘어져 생기는 정체 현상, 가시거리 미확보로 인하여 피난구를 찾지 못하는 경우 등을 감안하면 실제 화재시에는 상당한 시간이 증가할 것으로 판단된다. 이를 미연에 방지하여 승무원의 생존율을 높이기 위해서 다음과 같은 선박구조를 제안 할 수 있다.

1. 선박의 모든구역을 일정한 천장 높이로 하기보다는 다중이용시설의 천장 높이는 다른 구역보다 높게하여 연기층만시간을 증가시켜 안전피난시간을 증가하도록 한다.
2. 유동계수(출입구폭 증가)를 높여 안전피난시간을 증가시킨다.
3. 긴 가시거리 확보에 용이한 LED 비상탈출유도등의 설치도 필요할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- [1] 국가법령정보센터(2010), 건축법시행령, www.law.go.kr
- [2] 김미경, 김운형, Ichiro Hagiwara(2001), "일본의 피난설계 규정", 한국화재·소방학회 추계학술논문발표회
- [3] 한국화재보험협회(2005), SFPE 방화공학 핸드북
- [4] 1974年 海上人命安全協約-1998 統合本(2001), 해인출판사
- [5] NIST(2004), Fire Dynamics Simulator (Version 4) User's.
- [6] NIST(2004), User's Guide for Smokeview Version 4-A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data.