Journal of the KNST

2019; Vol.2, No.2; pp. 045-048

ISSN: 2635-4926 https://doi.org/10.31818/JKNST.2019.09.2.2.45

Received: 2019/05/08
Revised: 2019/06/24
Accepted: 2019/07/12
Published: 2019/08/29

*Corresponding Author:
Jing Do Bae
Tel: +82-51-400-5132
E-mail: zinx@komeri.re.kr

소화 Foam 혼합을 위한 선박용 소화장치 In-Line Eductor의 성능 검토

Performance Review of In-Line Eductor of Hose Reel Foam Station for Fire Extinguishing System of Ship

배징도[1*], 이규명[1], 황태규[1], 김정환[1], 공길영[1], 이창규[2], 이찬우[2]

[1](재)한국조선해양기자재연구원
[2](주)나브텍

Jing Do Bae[1*], Kui Ming Li[1], Tae Kyu Hwang[1], Jeong Hwan Kim[1], Gil Young Kong[1], Chang Kyu Lee[2], Chan Woo Lee[2]

[1]Korean Marine Equipment Research Institute
[2]Navutec

Abstract

Hose reel station은 해양플랜트의 헬리데크나 선박에 설치되어 소화액과 물이 혼합된 소화 foam을 방출하여 화재 발생 시 화재를 진압하는 용도로 사용된다. In-Line Eductor는 hose reel foam station의 주요 부품으로 물과 소화액을 혼합하는 역할을 수행한다. 물과 소화액의 과 혼합은 방출 후 추가적인 환경오염으로 이어질 수 있으며 혼합액의 방출 거리를 줄이는 등의 문제를 야기할 수 있어 효과적인 화재 진압과 2차 오염 방지를 위해서 물과 소화액의 적절한 혼합비는 매우 중요하다. In-Line Eductor는 hose reel station에 장착되어 물과 소화액을 혼합 후 호스로 전달하는 역할을 한다. 본 논문에서는 In-Line Eductor의 설계 인자를 전산 해석을 통해 검토하여 더 나은 설계를 얻기 위한 기초자료로서 활용할 수 있도록 한다.

The hose reel station is installed on the heli-deck of ship or offshore plant to release extinguishing foam mixed with water and extinguishing liquid. In-line eductor is the main part of hose reel foam station, which mixes water and extinguishing liquid. The over-mixing of liquid can lead to additional environmental pollution after release and can cause problems such as reducing the discharging distance of the mixed solution. Therefore, proper mixing ratio of water and extinguishing liquid is very important for effective fire extinguishing and secondary pollution prevention. The In-line eductor is installed in the hose reel station to mix water and extinguishing liquid and deliver it to the hose. In this paper, the design factors of the In-line eductor are reviewed to identify the factors influencing the mixing ratio of water and extinguishing liquid to obtain a better design by computational analysis.

Keywords

Fire Extinguishing System(소화 시스템),
Hose Reel Foam Station(호스 릴 폼 스테이션),
In-Line Eductor(인-라인 혼합기),
Fire Extinguishing Foam(소화폼),
Mixing Ratio(혼합률)

Acknowledgement

본 논문은 2018년도 산업통상자원부의 재원으로 경제협력권산업육성사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (P0002252, IMO(MSC, 1471) 및 SOLAS II-2장(FSS code 17) 개정에 따른 MED 인증 획득을 위한 헬기 착륙지역의 모듈러형 스마트 친환경 포말 소화시스템 개발)

1. 서론

Hose reel station은 해양플랜트의 헬리데크나 선박에 설치되어 소화액과 물이 혼합된 소화 foam을 방출하여 화재 발생 시 화재를 진압하는 용도로 사용된다. In-line eductor는 hose reel foam station의 주요 부품으로 물과 소화액을 혼합하는 역할을 수행한다. 물과 소화액의 과 혼합은 방출 후 추가적인 환경오염으로 이어질 수 있으며 혼합액의 방출 거리를 줄이는 등의 문제를 야기할 수 있어 효과적인 화재 진압과 2차 오염 방지를 위해서 물과 소화액의 적절한 혼합비는 매우 중요하다.

Fig. 1. Example for operating of fire extinguisher

© 2019 Korea Society for Naval Science & Technology

Hose reel station은 하부에 소화액을 담는 tank가 있으며 외부 물 tank 혹은 청수 tank로부터 물을 흡입한다. In-line eductor는 hose reel station에 장착되어 물과 소화액을 혼합 후 호스로 전달하는 역할을 한다. Eductor의 내부 노즐을 통해 물이 분사되고 노즐 출구 부분에 음압이 발생하여 eductor에 연결된 오리피스를 통하여 소화액이 흡입되는 구조이다.

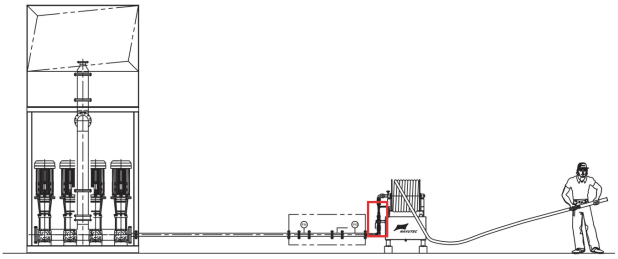


Fig. 2. In-line eductor installed to Hose reel station

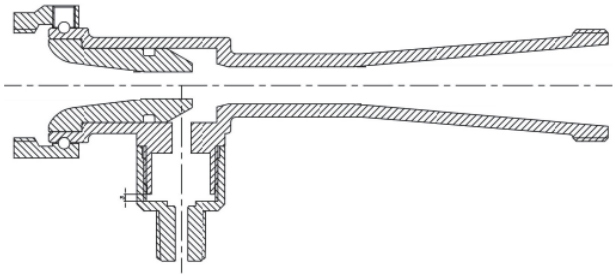
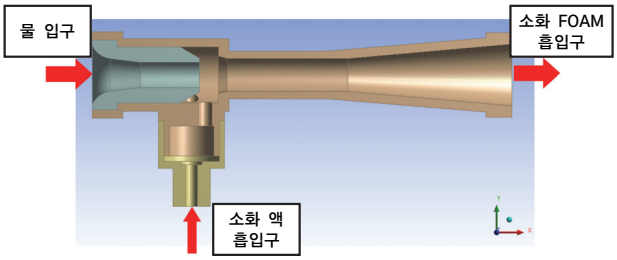


Fig. 3. In-line eductor basic design

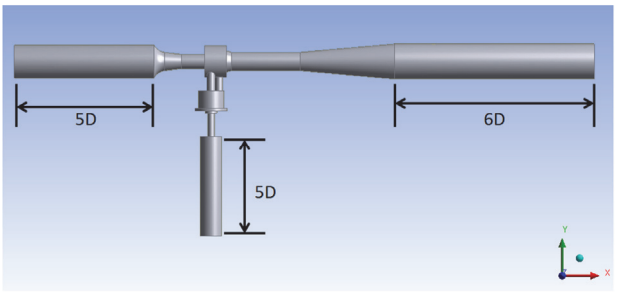
본 논문에서는 In-line eductor의 설계 인자를 검토하여 물과 소화액의 혼합비에 영향을 미치는 인자를 파악하고 효과적으로 목적하는 혼합비를 얻기 위한 설계 인자를 전산 해석을 통해 도출, 검토하여 더 나은 설계를 얻기 위한 기초자료로써 활용할 수 있도록 한다.

2. Eductor 형상 모델링

Fig. 4에 eductor 설계를 바탕으로한 3D 형상 모델과 유동 해석을 위한 유동장 모델을 나타내었다. Seal, bolt 등 구조물 내의 유동현상과 관계 없는 부분은 모두 제거하였으며 호스 연결부는 구조 모델링 영역에서 제외하였다. 입구와 출구, 소화액 흡입구에 긴 호스가 연결되어 있으나 해석 모델에는 반영하지 않았으며 완전 발달 유동을 예상하여 입구와 흡입구에는 인접 직경 대비 5배(5D), 출구에는 출구 직경의 6배(6D) 유동 영역을 확보하여 모델링을 수행하였다.



(a) Geometric model



(b) Fluid model for eductor

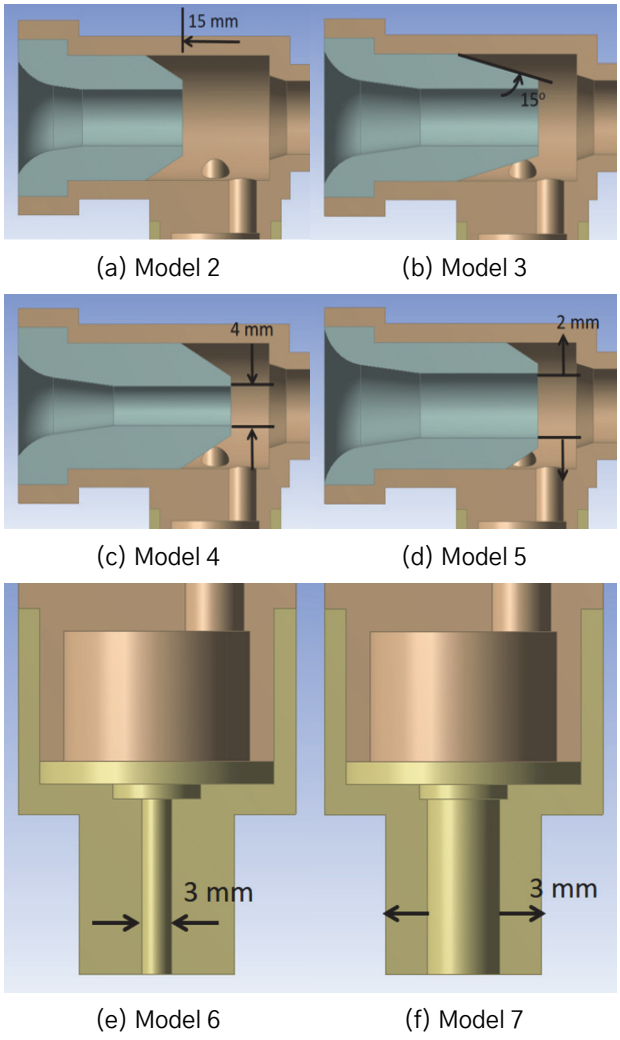
Fig. 4. Analysis model of Eductor

3. 해석 모델의 선정

혼합영역의 크기와 혼합영역에서의 유속이 흡입되는 음압에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되며, 내부 노즐의 각 치수와 흡입구 오리피스 내경이 소화액의 흡입력에 가장 큰 영향을 미칠 것으로 보인다. 설계되는 eductor의 물, 소화액 혼합 성능에 영향을 미치는 인자를 검토하기 위하여 기본 설계안을 포함하여 Table. 1과 Fig. 5에 나타낸 것과 같이 내부 노즐 출구에서의 혼합 영역 크기 변화에 대한 2개 모델, 혼합영역 유체 속도와 관련된 2개 모델, 흡입되는 소화액의 양과 관련된 2개로 총 7개의 해석 모델을 선정하였다. 각 해석 모델에 대해 흡입량과 혼합율을 비교하여 eductor 설계에 있어서 각 인자들의 영향력을 파악하고 설계 고려사항을 검토한다.

Table 1. Analysis model

해석 모델	내용
Model 1	기본 설계
Model 2	노즐 길이 15mm 축소
Model 3	노즐 각도 15도 축소
Model 4	노즐 내경 4mm 축소
Model 5	노즐 내경 2mm 확장
Model 6	오리피스 내경 3mm 축소
Model 7	오리피스 내경 3mm 확장



(a) Model 2 (b) Model 3

(c) Model 4 (d) Model 5

(e) Model 6 (f) Model 7

Fig. 5. Analysis model of eductor

4. Eductor 전산 해석

본 연구에서는 eductor의 물과 소화액 혼합율 계산을 위해 범용 유동해석 코드인 ANSYS CFX 18.0을 사용하였다. 소화액의 경우, 물과 성분이 비슷하기 때문에 물의 특성을 그대로 이용하였다. 호스에서의 배출 압력이 5bar로 요구되기 때문에 출구의 압력을 5bar로 고정하였으며 요구되는 유량은 8.3kg/s이므로 입구에서의 유량을 8.3kg/s로 정의하였다.

출구의 압력이 고정되어 있으므로 입구의 압력은 해석 결과로써 얻을 수 있으며, 이는 요구되는 유량을 얻기 위한 펌프의 요구 파워와 연결된다. 또한 출구에서 계산되는 유량은 입구의 유량과 흡입되는 소화액의 유량으로 물과 소화액의 혼합율을 계산하는데 이용된다. Table 2에 해석에 적용된 경계조건을 나타내었다.

Table 2. Analysis conditions

구분	내용
입구	8.3 kg/s (500 lpm)
출구	5 bar
흡입구	1 atm
난류모델	Shear Stress Transport
Fluid	Water
Buoyancy	Non Buoyant

5. 해석 결과 및 고찰

Table 3과 Table 4에 해석 결과를 정리하였다. 설계 인자 중 출구에서의 물과 소화액의 혼합율에 가장 크게 영향을 미치는 것은 노즐 출구에서의 유체 속도로 판단되며 혼합 영역의 크기는 영향을 크게 미치지 않는 것으로 판단된다. 노즐의 내경이 작아질수록 출구에서 빠른 유속과 높은 압력을 보여 상대적으로 압력이 낮은 흡입구에서 많은 양의 소화액이 흡입되는 것으로 판단되며 노즐 내경이 커질수록 유속과 압력이 작아져 흡입유량이 적은 것으로 보인다. 그에 반해 입구에서 요구되는 압력은 반대의 성향을 보인다. 노즐 출구에서의 속도가 빠를수록 흡입구에 더 큰 음압이 발생하여 흡입량이 많아지지만 입구에서의 높은 압력을 요구하게 되어 높은 파워의 용량을 요구하게 되는 것으로 보인다.

Table 3. Analysis results (mass flow rate)

해석 모델	입구 유량 [kg/sec]	출구 유량(a) [kg/sec]	흡입 유량(b) [kg/sec]	혼합율(b/a) [%]
Model 1	8.30	9.11	0.81	8.89
Model 2	8.30	9.10	0.80	8.79
Model 3	8.30	9.13	0.83	9.09
Model 4	8.30	10.06	1.76	17.50
Model 5	8.30	8.66	0.36	4.16
Model 6	8.30	8.78	0.48	5.47
Model 7	8.30	9.67	1.37	14.17

Table 4. Analysis results (pressure)

해석 모델	입구 압력(a) [Bar]	출구 압력(b) [Bar]	흡입 압력 [Bar]	압력차(a-b) [Bar]
Model 1	10.54	5.00	0.99	5.54
Model 2	10.73	5.00	0.99	5.73
Model 3	10.65	5.00	0.97	5.65
Model 4	37.69	5.00	0.88	32.69
Model 5	7.79	5.00	1.01	2.79
Model 6	9.96	5.00	1.00	4.96
Model 7	10.72	5.00	0.94	5.72

기본 모델과 유사한 입구 압력을 보이는 Model 7의 경우, 흡입 유량은 약 70%정도 더 많은 값을 보여 펌프의 정격 파워가 정해져 있을 경우 오리피스의 내경을 키우거나 줄이는 것이 소화액의 흡입유량을 조절하는 가장 좋은 방법으로 판단된다. 따라서, 요구하는 혼합율에 따라 현재 설계에서 오리피스 내경의 미세한 조정으로 원하는 혼합율을 만들어 낼 수 있을 것으로 판단된다.

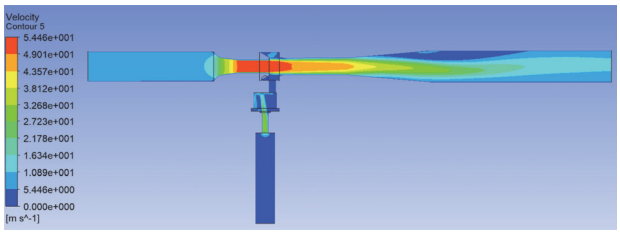


Fig. 6. Velocity distribution for Model 1 (XY plane, m/s)

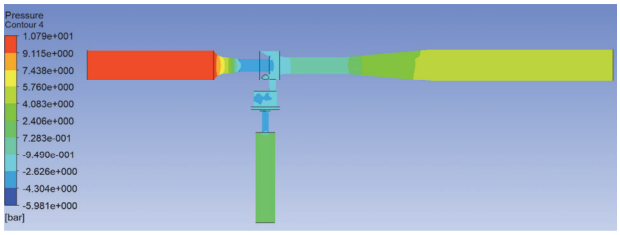


Fig. 7. Pressure distribution for Model 1 (XY plane, m/s)

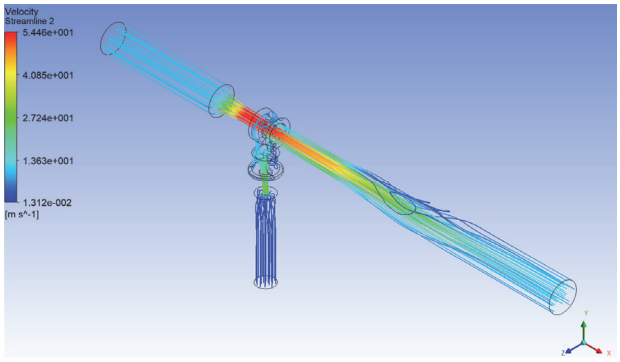


Fig. 8. Stream line for Model 1 (velocity, m/s)

모델 1에 대한 해석 결과를 Fig. 6 ~ Fig. 7에 나타내었다. 다른 해석 모델의 결과는 값만 차이날 뿐 유사한 분포 경향을 보여 그림으로 나타내지 않았다.

흡입된 소화액은 오리피스 통과 후 3개 유로로 갈라지는 좌, 우 2개의 유로로 인하여 내부 노즐 외부를 지난 유체가 eductor 출구쪽 상단으로 이동하는 것으로 보인다. 이로 인하여 출구쪽 하단보다 상부쪽 압력이 높아져 유동이 잠시 아래로 향하는 모습을 보여주는 것으로 판단되며 와류로 발생하는 것으로 보인다. 하지만 해석모델의 출구 끝단에서 고른 유동 분포를 회복하는 것으로 판단되며 긴 호스를 지나며 완전 발달할 것으로 충분히 예측할 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 현재 개발 중인 선박용 소화장치 중 하나인 hose reel station에서 물과 소화액을 혼합하는 역할을 하는 in-line eductor의 혼합 성능에 대한 검토를 수행하였다. 주요 설계 인자의 영향에 대해 검토하기 위하여 4개 주요 설계 인자에 대해 총 7개의 해석 모델을 제작하였고 전산해석을 통해 영향력을 검토하였다.

해석 결과 eductor 내부 노즐의 내경이 성능과 요구 파워에 가장 큰 영향을 끼침을 보였으며, 정격 파워가 정해져 있을 경우 오리피스 내경을 미세 조정하여 혼합율을 목적하는 수치로 조절할 수 있음을 보였다. 따라서 출구에서의 요구 압력과 요구 유량에 따라 내부 노즐 직경을 먼저 정의하고 요구되는 물과 소화액의 혼합비율에 따라 오리피스의 내경을 정의하는 것이 효율적인 eductor의 설계 방법이라고 판단된다.

참고문헌

[1] Jin-Ho Kim, Lui-Ming Li, Yoon-Hwan Choi, Yeon-Won Lee, "Characteristic analysis of multiphase flow in ejector of fresh water generator", The Korean Society of Mechanical Engineer 2012 spring conference, 2012, 84-86.
[2] ANSYS ver18.0, on-line help