

# 소형어선에서 발생하는 열유동 해석 및 진동에 관한 진단 평가

장 현 · 김명준\*

군산대학교(책임연구원) · \*군산대학교(교수)

## The Diagnosis and Evaluation of Thermal flow analysis and Noise in Small Fishing Vessel

Hyeon JANG · Myoung-Jun KIM\*

Kunsan National University(senior researcher) · \*Kunsan National University(professor)

### Abstract

In order to show the most suitable ventilation and vibration for the prevent fires of small fishing vessels, we have performed ANSYS simulation and EVAMOS program and analyzed temperature and vibration profile. Ventilation and vibration of small fishing vessel engine room is an important factor for the safety of crew health and navigation. In particular, small fishing vessel are made of FRP(Fiberglass Reinforced Plastics) and even gross tonnage is less than 20tons. These percentage is about 90% of the registered small fishing vessel in Korea. Currently, small fishing vessel being operated are in very risky environment. The small fishing vessel engine room is considered as a closed space with a heat source and forced ventilation fan. The flow rate of air supply is found to be important. Also, in order to evaluate the small fishing vessel environment for crewman, the analysis is carried out on the base of measurement results.

**Key words :** Engine room, FRP(Fiberglass reinforced plastics), Ventilation, Vibration, Small fishing vessel

### I. 서 론

최근 경제성장으로 인한 해양레저스포츠를 즐기는 인구가 매년 증가하고 있는 추세이며, 이에 따른 해양사고도 빈번하게 발생하고 있는 실정이다. 주로 해양사고는 대형선박의 경우가 이슈가 되고 있지만 우리나라 연안에서 운항중인 선박은 주로 소형어선이 주를 이루고 있다. 소형어선의 경우 대부분 20톤 미만 FRP재질(Fiberglass Reinforced Plastics)로 되어있어 해양사고 중 충돌사고 및 화재사고 발생시 인적 피해 및 재산상 손실이 발생할 수 있어 피해정도가 심각하다고 할 수 있다(Son, 2016).

또한, 2014년~2018년도 총 8,396건 중 원인별 해양사고를 분석한 결과를 살펴보면 기관 손상이 2,398척(28.5%), 기타 1,668척(19.9%), 충돌 1,476척(17.6%), 부유물 감김 1,108척(13.2%), 안전사고 571척(6.8%), 좌초 477척(5.7%), 화재·폭발 409척(4.9%), 전복 161척(1.9%), 침몰 85척(1.0%), 접촉 43척(0.5%) 순으로 기관 손상 및 화재·폭발의 경우가 33.4%의 비중을 차지하고 있어 피해정도가 심각하다고 할 수 있다.(Yu, 2020)

선박 건조를 발주하는 선주들의 요구사항으로는 쾌적한 환경 조성을 통한선원 복지 및 작업여건 향상에 대한 많은 관심을 갖고 개선해 나가고 있다. 이러한 요구사항을 해결하기 위해 통풍 블

\* Corresponding author : 063-469-1849, [mjkim@kunsan.ac.kr](mailto:mjkim@kunsan.ac.kr)/orcid.org/0000-0002-9498-5503

레이드의 형상 변화에 따른 유동 현상을 파악 및 성능비교에 대한 연구를 수행된 바 있다(Kwon et al., 2011).

소형선박의 구조 및 설비 기준 제 23조를 살펴 보면 기관 설치 시에 누출가스가 빨리 배출될 수 있는 통풍이 양호한 장소 및 충분한 용량의 배기 통풍장치를 설치하도록 규정하고 있다. 소형선박의 기관실에는 적정 용량의 통풍장치를 설치하여 기관실 주요 기기의 온도 상승에 의한 해양사고 중 화재사고를 미연에 방지하기 위한 연구를 수행된 바 있다(Park, 2008).

선박의 기관실 화재에 신속하게 대응하기 위해 온도감지기(Temperature Detector) 및 연기감지기(Smoke Detector)를 설치하도록 선급에서 규정하고 있다. 규정에 따라 설치한 감지기의 연기감지기 시험에서 연기를 감지하기 어려운 위치에 설치되어 있어 적정위치로 변경하는 재설치의 사례를 방지하기 위한 적정 설치위치에 대한 연구를 수행된 바 있다(Lee and Seo, 2004).

선박의 고속화 및 경량화에 따른 진동 및 소음이 중요한 문제로 대두되고 있어 정속 운행 시 엔진 및 보조 기기에 의해 발생하는 진동 및 소음에 대한 연구를 수행된 바 있다(Gu et al., 2007).

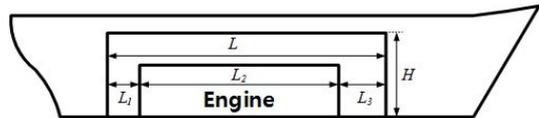
현재까지 주로 대형선박의 화재예방을 위한 기관실에 대한 통풍 및 진동 조건 등에 대한 연구가 이루어지고 있어 소형어선의 화재발생 예방을 위한 연구가 미진한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 소형어선의 기관실 화재사고를 예방하기 위하여 기관실내 열 유동 및 통풍량에 따른 온도 분포 분석 및 기관실 주요기기의 진동측정 결과를 분석하여 화재발생 예방 및 인적·물적 피해 방지에 도움이 될 수 있도록 대안을 모색하고자 한다.

## II. 실험 방법

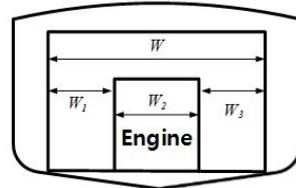
소형어선의 기관실 배치는 기본적으로 중앙부

에 주기관이 위치하고 있으며 기관의 좌우측으로 각각 배터리 또는 안정기 등이 위치하고 있으며, 기관실 상부에 통풍을 위한 흡/배기구가 설치되고 흡/배기측 통풍블레이드가 설치되어 있는 구조로 통풍에 필요한 공기가 공급되거나 배기된다.

본 연구에서는 현지 조사를 통하여 기관실의 크기 및 배치를 구성하였으며, 해석을 위해 기관실 형상 모델에 격자를 생성하였다([Fig. 1], <Table 1>, [Fig. 2]참조). 적용 유체로는 공기(air)가 비압축성 유동(incompressible flow)을 한다고 가정하여 ANSYS 프로그램을 사용하여 열적해석을 수행 하였다. 소형어선의 기관실내 열 유동 및 통풍량에 따른 온도분포를 알아보기 위해 현지 조사 사례 데이터를 기반으로 기관실 엔진온도는 350℃, 흡입 온도는 25℃, 흡입구 유속 1 ~ 8 m/s 인 경우를 비교 분석을 진행하였다(<Table 2> 참조).



(a) Cross section view of small fishing vessel

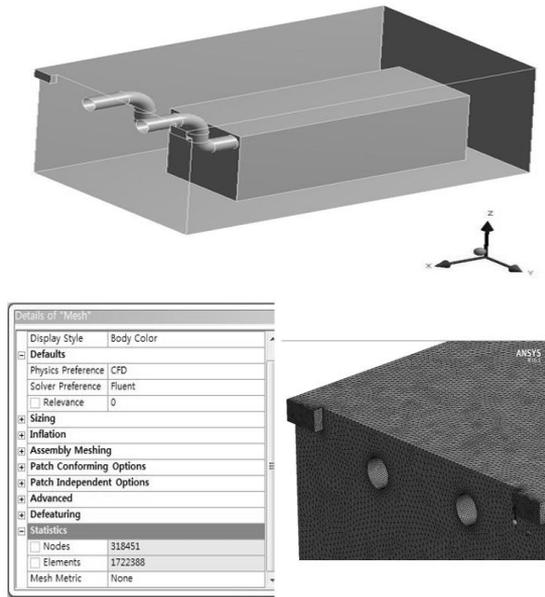


(b) Longitudinal section view of small fishing vessel

[Fig. 1] Schematic diagram of engine room.

<Table 1> Domain dimensions of small fishing vessel [unit : m]

Symbol	L	W	H	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	W <sub>3</sub>
							1	2	3
Length	3.0	1.8	1.3	0.2	2.0	0.8	0.5	0.8	0.5



[Fig. 2] Engine room model and grid.

<Table 2> Analysis condition of small fishing vessel

Flow rate of air [m/s]	1 ~ 8
Engine temperature [°C]	350
inlet temperature [°C]	25

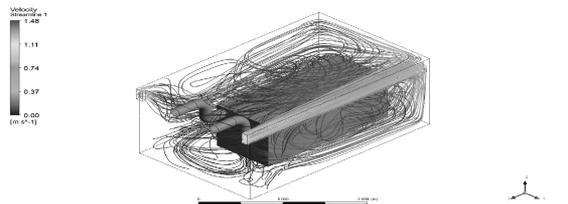
또한, 소형어선의 기관실 진동을 측정하기 위해 EVAMOS 프로그램을 이용하여 진동이 심한 주기관 주요 부분에 센서를 설치하여 분당회전수 (RPM)을 변화에 따른 진동 측정을 실시하였다. 진동 측정은 주기관의 선수 및 선미부 연료유 배관부에 대해 종방향 및 횡방향 진동을 측정하였다.

### Ⅲ. 연구 결과

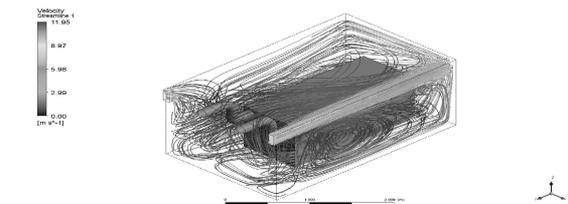
#### 1. 속도분포

[Fig. 3]은 소형어선 기관실의 흡입 유속에 따른 유동형태의 기류를 보여주고 있으며, [Fig. 4]는 소형어선 기관실의 흡입 유속에 따른 온도분포를 나타내고 있다. [Fig. 3] (a), (b)의 유동형태

를 살펴보면 모두 재순환 유동이 일어남을 알 수 있으며, 유동형태를 비교해보면 (a)의 경우는 기관실 상부에서 재순환 유동형태가 강하게 일어나는 반면, (b)의 경우는 기관실 상부가 아닌 위치에서 재순환 유동이 강하게 일어나는 것을 확인할 수 있다. (b)의 경우 보다 (a)의 경우가 상부 영역에 정체구역이 형성되어 통풍이 원활하게 이루어지지 않는다고 판단되며, 기관실내에 유류성 물질이 배치되어 있을 경우 물질이 증발하여 공기와 혼합되어 있는 상태로 장시간 노출되어 화재 발생 위험성이 있다고 판단된다.



(a) Velocity field(1m/s)



(b) Velocity field(8m/s)

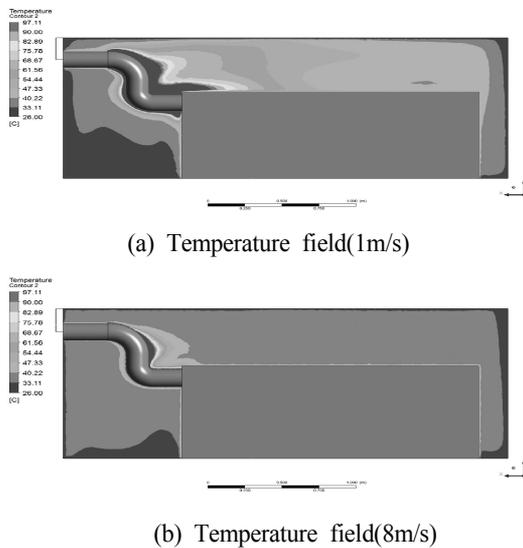
[Fig. 3] Velocity fields of the engine room.

#### 2. 온도분포

[Fig. 4] (a), (b)는 [Fig. 3] (a), (b)와 동일조건인 경우로써 온도분포를 살펴보면 (a)의 경우 기관실 상부 영역은 약 40°C~70°C, 하부 영역은 약 26°C~40°C의 온도분포를 나타내고 있으며, (b)의 경우 기관실 상·하부 영역은 약 26°C~40°C의 온도분포를 나타내고 있는 것을 알 수 있다. (a)의 경우 (b)의 경우가 기관실의 온도가 전체적으로 낮은 것을 알 수 있으며, 앞에서 언급한 유동형태와 같이 (a)의 경우가 상부영역에 정체구역이

형성되어 높은 온도가 형성되었다고 판단된다.

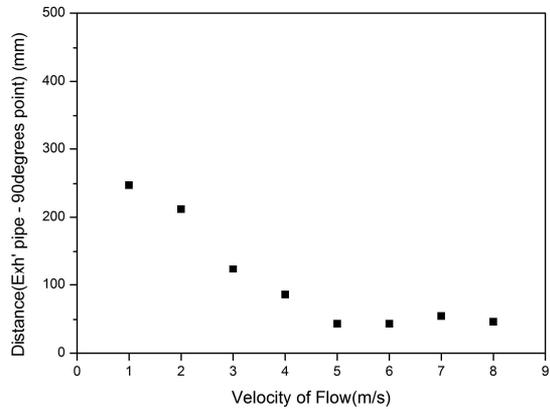
유동형태 및 온도분포의 결과를 분석해보면 (b)의 경우가 기관실 환기 및 열제거에 더 적합한 조건으로 판단되며, 흡입유속이 기관실 화재 예방 효과에 큰 영향을 미치는 것을 예측할 수 있다.



[Fig. 4] Temperature fields of the engine room.

[Fig. 5]는 흡입 유속에 따른 주기관으로부터 안전이격거리를 나타내고 있는 그래프이다. 소형어선 화재사고중 전기화재가 큰 비중을 차지하고 있으며, 소형어선 화재발생 원인으로는 단락에 의한 발화가 주를 이루고 있다. 단락에 의한 발화는 두 개의 전선이 어떠한 원인에 의해 접촉하는 단락이 일어나면 대부분의 전압이 접촉부에 걸리게 되어 접촉부의 낮은 저항에 의해 매우 큰 전류가 흐르게 된다. 이때 많은 열을 발생하게 되고, 주변에 유류성 물질 등에 전선이 직접 접촉하거나 또는 접촉부에서 발생한 스파크가 주변 유류성 물질 등에 옮겨 붙어 화재가 발생할 수 있다. 선박용 전선은 중앙부의 도체와 도체를 감싸고 있는 절연체, 도체와 절연체를 모두 보호하는 보호외장으로 구성되어 있다. 선박에서 사용

하는 전선의 절연체로는 EPR(Ethylene Propylene Rubber)절연체가 널리 쓰이고 있으며, 단락 온도 250 °C, 정상작동온도 90 °C로 규정되어 있다. 흡입유속에 따른 안전이격거리를 살펴보면 흡입 유속 1 m/s ~ 5 m/s의 경우 안전이격거리가 점차 작아지는 것을 알 수 있으며, 흡입유속 5 m/s 이상에서는 안전이격거리가 수렴하는 것을 알 수 있다. 소형어선 기관실 주기관 안전이격거리 결과를 살펴보면 흡입유속 5m/s의 경우가 기관실 열제거에 적합한 흡입조건이라고 판단된다.



[Fig. 5] Safe separation distance according to the velocity.

### 3. 진동측정

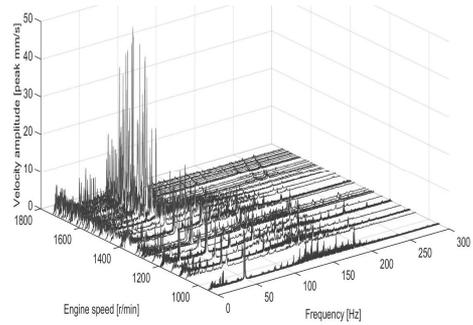
<Table 3>에는 소형어선의 기관실 진동 측정 대상이 된 5척의 선박 제원을 나타내고 있으며, [Fig. 6]에는 소형어선 주기관의 선수부와 선미부의 진동횟수(Hz), 기관속도(RPM), 진동강도(mm/s) 측정 결과를 나타내었다. 소형어선의 운항중 주기관전후단부와 연료유 공급 배관 등 주요부분에 대한 진동측정 결과 평균적으로 주기관의 전방에서 좌우방향(횡)의 3차진동이 매우 큰 특성을 나타내었다. 또한, 소형어선의 최대 기관속도시 최대 진동강도가 선수측은 약 40 mm/s, 선미측은 약 10 mm/s로 선체와 주기관의 공진점이 존재하는 것을 확인 하였다. 주기관의 진동강도는 선미부

가 선수부보다 낮은 것을 알 수 있고, 3차공진이 낮은 회전수에서 발생하는 특징을 나타내었다.

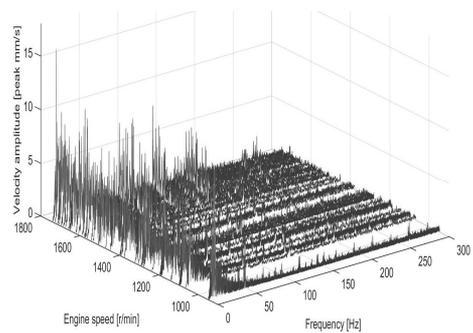
<Table 3> Specification of small fishing vessel

NO	Cylinder	Power(PS)	Speed(r/min)
1	V12	1,000	2,300
2	V8	800	1,950
3	V6	793	2,132
4	V6	600	1,800
5	V8	420	2,000

<Table 4>에는 소형어선 기관실 주요 기기의 중요 부분을 파손 및 화재로 진행될 수 있는 주기관의 각부 진동 측정값을 나타내었다. 소형어선 기관실 주기관 측정사례 1번 ~ 5번의 경우 진동횟수 12 Hz ~ 125.3 Hz로 측정되었고, 진동강도의 선수측 3 mm/s ~ 70 mm/s이고, 선미측 2 mm/s ~ 62 mm/s로 측정되었다. 그러나 DNV-GL선급에서는 15 mm/s로 규정하고 있어 측정 선박의 진동강도는 기준치를 초과 하고 있는 것으로 확인 되었다. 소형어선의 진동강도 측정결과를 살펴보면 선수부보다 선미부의 진동강도가 현저하게 낮게



(a) vibration waterfall map of engine fore



(b) vibration waterfall map of engine aft

[Fig. 6] The transverse vibration waterfall map of engine.

<Table 4> The vibration of engine

NO	Engine speed (r/min)	Frequency (HZ)	Engine fore (mm/s)			Engine aft (mm/s)		
			T	V	L	T	V	L
1	Peak (1,650)	82.5	48	9	4	5	9	5
	MCR (1,640)	82.0	40	9.5	small	8	9	4.5
2	Peak (1,780)	118.7	60	No analysis	No analysis	53	No analysis	No analysis
	MCR (1,850)	123.3	70	20	10	62	20	14
3	Peak (1,450)	12.1	21	12	8	4	5.5	3
	MCR (1,965)	16.4	13	6	5	5.5	6	4
4	Peak (1,380)	92.0	16.5	13	10	15	14	18
	MCR (1,570)	104.7	10	8	9	13	13	12
5	Peak (1,060)	70.7	37	12	14	37	40	9
	MCR (1,880)	125.3	4	3	4	2	small	small

T : Transverse, V : Vertical, L : Longitudinal

나타나고 있어, 이를 근거로 하여 판단할 때 기관실에 설치되는 전선 및 배관 관통부 등은 선미측에 설치하는 것이 진동에 의한 손상을 예방하여 주요기기의 손상 및 화재 예방을 할 수 있는 방법이라 예측된다.

#### IV. 결론

본 연구에서 소형어선 기관실 화재사고 방지를 위한 통풍 조건 및 진동 측정 분석 결과는 다음과 같다.

1. 어선의 기관실 화재예방을 위한 속도분포를 살펴보면 통풍 흡입유속 1 m/s의 경우가 8 m/s의 경우보다 통풍이 원활하게 이루어지지 않아 화재 발생 위험성이 있었다.

2. 소형어선 기관실 화재예방을 위한 온도분포를 살펴보면 통풍 흡입유속 1 m/s의 경우보다 8 m/s의 경우가 기관실 환기 및 열제거에 적합한 조건이라는 것을 확인 하였다. 또한, 주기관으로 부터 안전이격거리를 파악해본결과 통풍 흡입유속 5 m/s 이상에서 안전이격거리가 수렴하는 것을 확인 하였다.

3. 소형어선 기관실 화재예방 및 주요기기 파손 예방을 위한 진동측정 결과를 살펴보면 진동강도가 약한 선미측에 전선 및 배관 관통부를 설치하여 예방을 하여야 하는 것을 확인 하였다.

4. 향후 기통수, 부하, 회전수 등이 다른 소형어선에 맞는 유사 최대연속 출력값을 설정하여 진동측정을 할 것이며, 또한 흡입공기량에 따른 압력변화 및 온도 변화에 대해 연구를 수행할 예정이다.

#### References

- Gu DS, Lee JH, Choi BK and Kim WC(2008). The Diagnosis and Evaluation of Vibration and Noise in Vessel, Journal of the Korean Society of Marine Engineering 32(1), 42 ~ 49.
- Kwon DH, Hong YG, Koo SW and Jeong ES(2011). The Study of Performance Comparison on the Inlet Shapes of Fan for Engine Room of Ship Using CFD. The Society of Naval Architects of Korea, 25~31.
- Lee H and Seo HK(2004). Ventilation Analysis for an Engine Room of a Ship. The Society of Naval Architects of Korea 41(5), 63~69.
- Park CS(2008). A Study on the Ventilation Conditions for the Prevention of Spontaneous Combustion of Small Ship Engine Room. J. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng. 22(4), 11~19.
- Son YT(2016). The Study on Fire Accident and Prevention Measures in Small FRP Fishing Vessel: Focusing on the Fishing Vessel Crew Activities in the Field. Korean Maritime Police Science 6(2), 39~61.
- Yu JS and Jang H(2020). A Study on the Analysis of Fire Environmental Condition in Small Fishing Boats. The Korea Society for Fisheries and Marine Sciences Education, 74~79.  
<http://doi.org/10.13000/JFMSE.2020.2.32.1.74>.

- 
- Received : 03 August, 2020
  - Revised : 28 September, 2020
  - Accepted : 07 October, 2020