

8kW급 디젤발전기 소음기 내부 유동에 관한 수치해석

이중섭*, 이태의**, 이치우***,#

*경남과학기술대학교, ** (주)티젠 기술연구소, ***경남과학기술대학교 자동차공학과

Numerical analysis of the Internal Flow of 8kW Grade Diesel Generator Muffler

Chung Seob Yi*, Tae Eui Lee**, Chi Woo Lee***,#

*Gyeongnam National University of Science and Technology

**TZEN CO.,LTD., Research and Development Center

***Gyeongnam National University of Science and Technology, Automotive Engineering

(Received 6 March 2018; received in revised form 17 March 2018; accepted 6 April 2018)

ABSTRACT

From the flow analysis of the silencer for 8 kW diesel generators, the following results were obtained. For silencer-1, it was confirmed that the holes formed at the inlet-side portion connect into the exhaust pipe in the chamber. The exhaust pipe installed inside silencer-1 was integrally connected through the holes in the chamber. As a result, it was confirmed that the pressure inside the chamber was kept stable. It was confirmed that the pressure loss generated inside an absorptive type silencer such as silencer-2 was small. The differential pressure of the inlet-outlet of silencer-1 and silencer-2 was confirmed to be 494 Pa at 15 m/s, 859 Pa at 20 m/s, 1326 Pa at 25 m/s, and 1911 Pa at 30 m/s.

Key Words : Diesel Generator(디젤발전기), Muffler(소음기), Numerical Analysis(수치해석)

1. 서 론

최근 기후변화에 따른 각종 내연기관에 대한 규제가 날로 강화되고 있으며, 특히 배기가스에 대한 규제가 전 세계적으로 강화되고 있는 실정이다. 또한 미세먼지와 같은 유해물질로 인해 청정 에너지 및 신재생에너지에 대한 관심도 증가되고 있으며, 국가정책적 지원도 증가되고 있는 상황이

다. 반면 방위산업의 궤도차량의 경우 효율적인 장비운영을 위해 디젤 발전기를 적극적으로 적용하고 있다. 여기 발전기에서 전력생산을 담당하는 부분을 디젤엔진을 사용하여 발전기를 구동시켜 전력을 생산하게 된다. 디젤 발전기의 적용분야를 구체적으로 살펴보면, 민수분야인 일반 산업용에서는 대형건물의 전력발전용, 낙도, 건설현장의 비상발전, 중장거리 대형 상용 트럭에서는 트럭 후방에 장착되어 실내 냉·난방장치 구동 및 요리에 필요한 전력공급, 한 겨울철의 차량의 고압세척, 해상 선박의 비상전력 공급, 선박이 조난하였을 때에 인명을 구하기 위하여 갖춘 설비인 구명정, 철도차량에

Corresponding Author : leecw@gntech.ac.kr

Tel: 82-55-751-3649, Fax: 82-55-751-3643

서는 열차의 견인력을 얻는 주 전력 변환장치와는 별도로 각종 제어장치 및 승객 서비스 장치에 전원을 공급하는 역할 등으로 사용되고 있으며, 그 용도가 점차 증가되고 있는 실정이다. (1-4)

그동안의 국내/국외의 기술 개발은 주로 육상용 차량 및 대형 선박용 발전기 기술이 주요 연구개발 대상 분야로써 중점적으로 이루어져왔으나, 방위산업의 군수용 차량의 소음기에 대한 저소음화를 위한 설계 기술개발은 취약하였다. 일반 승용 차량 디젤차량에서는 저소음화가 달성되었으나, 군수용에서는 설치공간 및 위치제약으로 소음저감 수준에 한계가 있었다.

본 연구는 보조동력장치에 적용되는 소음기 내부 유동해석을 통해 압력손실 및 기초설계 자료를 확보하고자 한다.

2. 수치해석 방법

본 연구에서는 소음기 내부를 흐르는 유동을 3차원 정상상태의 난류유동으로 가정하였고, 소음기 내부에서의 속도분포 및 압력을 산출하기 위해서 사용된 지배방정식은 연속 방정식과 운동량 방정식이며, 난류모델은 이미 산업계에서 타당성을 검증받은 Realizable $k-\epsilon$ Two-Layer model 모델을 사용하고자 하였다. (5-9)

수치해석 기법으로는 지배방정식에서 압력과 속도의 연결은 SIMPLE(Semi-implicit Method for Pressure-Linked Equations)에 따른 Segregate Flow 알고리즘을 사용하였으며, 해석결과를 취득하기 위한 수치해석의 환경은 정상상태에서 반복 계산 시 종속변수들의 수렴 판정은 출구 유량이 변하지 않고 안정적인 값으로 고정된 계산결과가 나타날 때 수렴 판정의 기준으로 삼았다. 소음기 내부 유동을 수치해석하기 위하여 [그림-3]과 같이 소음기-1과 소음기-2로 나누어 계산을 수행하였다.

그 이유는 소음기 내부에서 설치된 타공관으로 인해 계산격자가 기하급수적으로 증가하였기 때문에 컴퓨터 메모리에 영향을 주어 계산시간과 데이터 처리 시간이 너무 증가하였기 때문이었다.

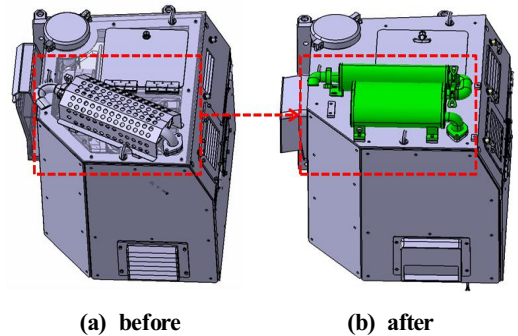


Fig. 1 Comparison of improvement for APU muffler

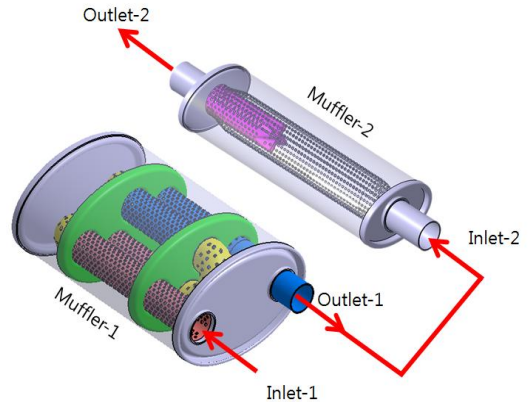


Fig. 2 Configurations of APU muffler

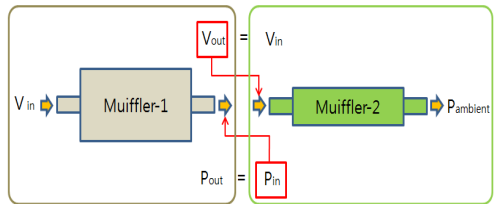


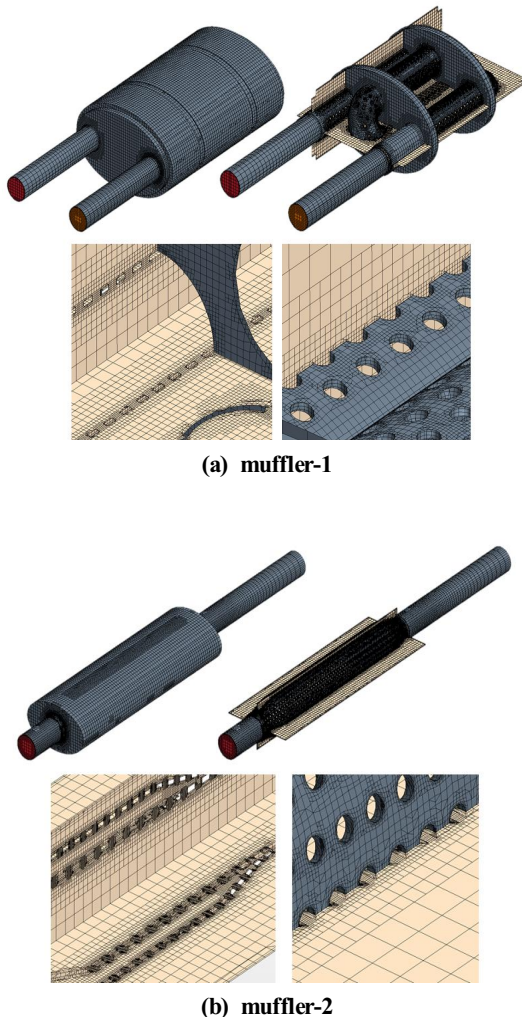
Fig. 3 Boundary conditions of APU muffler for CFD analysis

따라서 소음기로 유입되는 유량은 엔진회전수에 따라 실제로는 다르지만 동일한 유량이라고 가정하면 소음기-1과 소음기-2로 유입되는 유량은 동일하다고 할 수 있다. 또한 소음기-2의 출구는 대기로 방출되기 때문에 대기압이 일정하게 작용하

고 있다고 가정하였다.

소음기-2에 대한 유동해석 결과에서 입구에서 발생하는 압력을 소음기-1의 출구압력으로 설정하고, 소음기-1의 입구는 유속을 경계조건을 부여하여 전체 소음기에 대한 유동특성에 대하여 수치해석을 수행하였다.

배기관에서 소음기로 유입되는 배기가스의 유속은 15m/s, 20m/s, 25m/s, 30m/s일 경우에 대하여 유동해석을 수행하였고, 소음기-2의 출구는 대기압으로 가정하였다.



(b) muffler-2

Fig. 4 Control volume for CFD analysis

3. 수치해석 결과 및 고찰

Fig. 5는 소음기-1의 중앙단면에 대한 압력분포를 나타낸 것이다. 입구 유속이 증가하면서 압력이 전반적으로 증가되는 것을 확인할 수 있었다. 소음기 내부에서 가장 높은 압력이 발생하는 부분은 Chamber-3에서 입구에서 유입되는 유동이 배기관의 곡률에 의해 발생됨을 확인할 수 있었다. 이때 타공 홀을 통해 빠져나가는 유동이 가장 많이 발생하는 부분임을 알 수 있었다. 그 이유는 Chamber 보다 높은 압력이 발생하기 때문에 타공 홀을 통해 빠져나가는 유량이 증가되고 이로 인해 Chamber-3의 압력이 가장 높게 발생하는 원인을 제공한 것으로 판단된다.

전반적으로 소음기 내부 압력을 살펴보면 출구에서는 압력이 떨어지는 반면 소음기 내부 각각의 Chamber에서의 압력차는 많이 발생하지 않음을 확인할 수 있었다.

Fig. 6은 소음기-1의 중앙단면에 대한 입구유속 변화에 따른 속도벡터와 유선(Stream line)을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 전반적으로 속도차만 발생할 뿐 유사한 유동장을 형성하고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 형상에 대한 변화가 없고 단순히 입구에서 유입되는 유속만 변화시켰기 때문이다.

소음기 입구는 그림 기준으로 하부쪽에서 유입되어 상부쪽으로 배출되며, 입구쪽 배기관은 Chamber-1 처음 통과하게 된다. 이 때 배기관은 타공으로 되어있기 때문에 배기가스는 타공부분으로 일부 빠져나가고 중간 배관의 타공에서 빠져나온 배기가스와 함께 복잡한 유동장이 형성되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 Chamber-2의 경우 배기관 전체에 걸쳐 타공되어 있기 때문에 배기관에서 빠져나오는 유동을 확인할 수 있었고 이로인해 복잡한 유동장이 형성되는 것을 확인할 수 있었다.

Chamber-3의 경도 마찬가지로 배기관에 타공되어 있기 때문에 복잡한 유동장이 형성되어 있었다. 전반적으로 소음기 내부는 Baffle로 Chamber간 구분이 되어 있지만 배기관이 전 구간에 걸쳐 타공되어 있기 때문에 소음기 내부는 모두 연결되

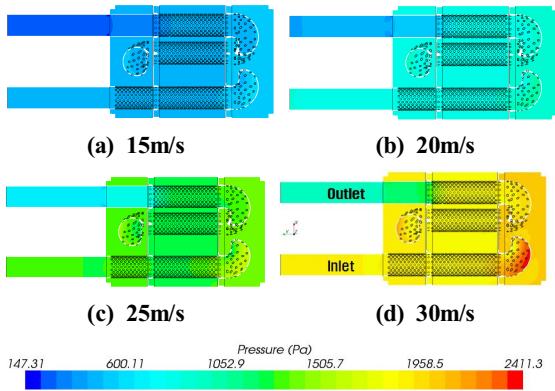


Fig. 5 Comparison of pressure distributions in muffler-1 center plane

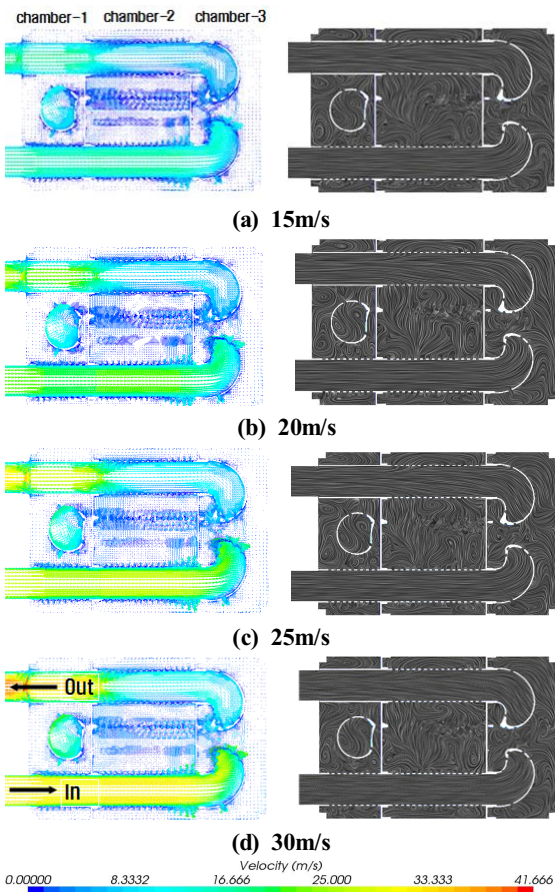


Fig. 6 Comparison of velocity vector and streamline distributions at muffler-1 center plane

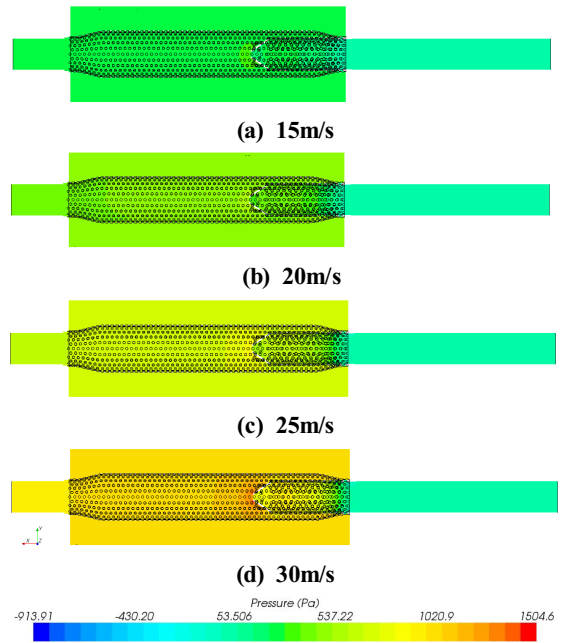


Fig. 7 Comparison of pressure distributions in muffler-2 center plane

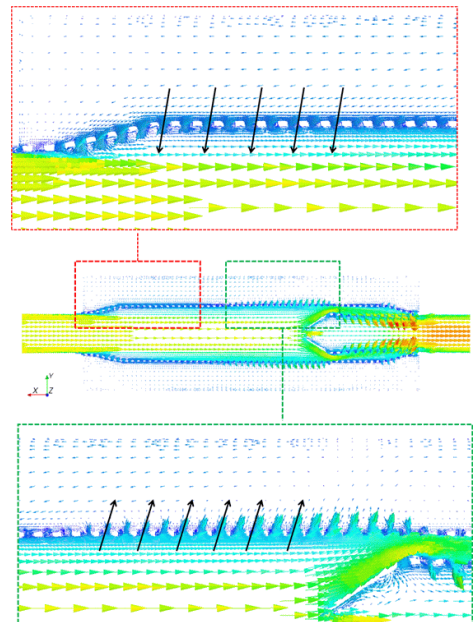


Fig. 8 Distribution of velocity vector in the muffler-2 center plane at $V_{in}=30\text{m/s}$

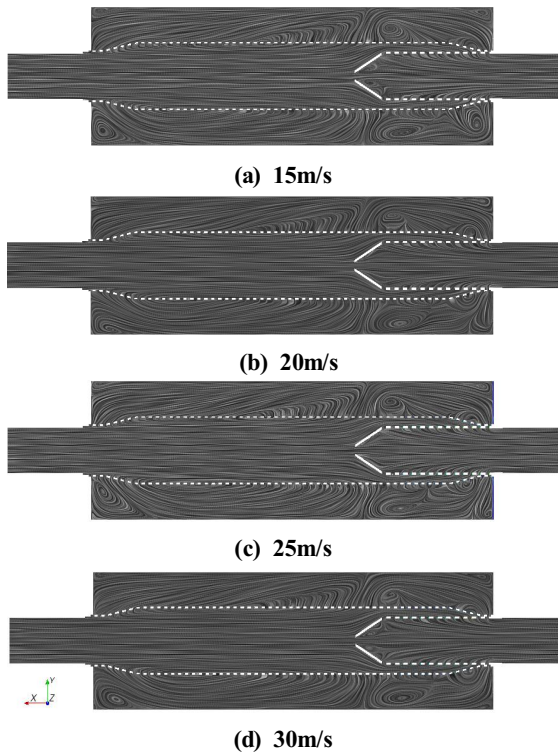


Fig. 9 Comparison of streamline distributions at muffler-2 center plane

어 있는 것과 같은 구조로 되어 있었다.

Fig. 7은 소음기-2의 중앙단면에서 압력분포를 비교한 것이다. 전반적으로 입구유속이 증가할수록 소음기-2의 내부압력이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 압력이 가장 높게 발생하는 부분은 내부 타공관이 설치된 입구 부분에서 압력이 가장 높게 발생하였다. 이는 기하학적 형상이 유로가 급축소되기 때문에 발생되었고 이로 인해 타공관 외부로 유동이 잘 빠져나갈 수 있게 된 것임을 확인할 수 있었다.

Fig. 8은 소음기-2의 중앙단면에서 입구유속 30m/s일 경우에 대한 속도분포를 나타내고 있다. 동일 형상에 단지 유속변화에 대한 속도벡터의 분포 및 경향성은 거의 유사하기 때문에 최대 유속에 대한 결과만 나타내었다.

해석결과분석에 앞서 예상된 속도벡터의 분포는 소음기 중앙에 입구와 출구에 연결된 타공관을

통해 소음기로 유동이 이동할 것으로 예측하였으나 계산결과 입구쪽에 가까울수록 타공관 밖에서 안으로 유입되는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 원인이 발생하는 이유는 소음기 입구에서 빠른 유속으로 출구쪽으로 향할 때 속도가 빠르기 때문에 압력이 다소 하강하게 된다. 이로 인해 타공관 밖의 유동인 타공관 안으로 유입되는 현상이 발생함을 확인할 수 있었다. 반면 출구쪽으로 향하면서 소음기 중반 부터는 타공관 밖으로 유동이 빠져나가는 현상이 발생하였다.

Fig. 9는 소음기-2의 중앙단면에서 유선분포를 비교한 것이다. 유선분포를 살펴보면, 유입구와 연결된 타공관 내부에서는 유속방향으로 잘 흘러가고 있음을 확인할 수 있었고, 소음기 중간지점부터는 타공관을 빠져나가 소음기 입구방향과 출구방향으로 분리되는 것을 확인할 수 있었다.

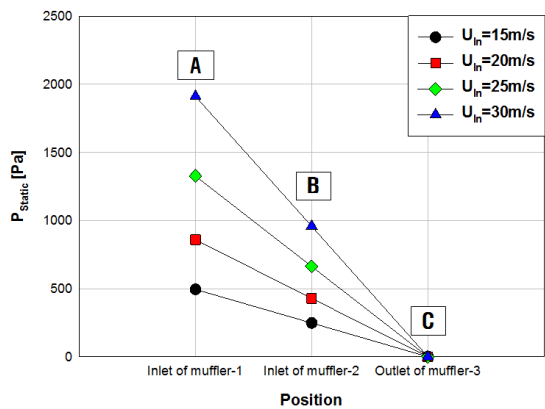
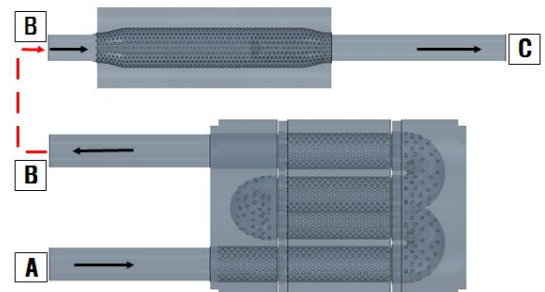


Fig. 10 Comparison of pressure distributions at muffler inlet and outlet

이는 소음기 입구쪽에서 유속이 빠르게 유입되기 때문에 압력이 낮고, 타공관 외부쪽은 타공관 후단부에서 이동하는 유동의 영향으로 압력이 증가되기 때문에 자연스럽게 압력이 낮은쪽으로 유동이 이동하였기 때문이다.

Fig. 10은 소음기-1과 소음기-2의 입-출구 압력을 유입 속도에 따라 비교한 것이다. 결과에서 확인할 수 있듯이 소음기-1로 유입되어 소음기-2의 출구로 빠져나가면서 압력은 선형적으로 저감되는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

8kW급 디젤 발전기용 소음기에 대한 유동해석을 수행한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 소음기-1의 경우 입구쪽 부분에 타공된 흡은 Chamber로 빠져나기 보다는 Chamber에서 배기관으로 유입되는 것을 확인하였다.
2. 소음기-1의 내부에 설치된 배기관은 일체로 연결되어 있는 효과가 있으며, 타공된 흡을 통해서 Chamber로 빠져나가면서 연결되어 있었다. 이로 인해 Chamber 내부의 압력이 서로 비슷하게 유지됨을 확인할 수 있었다.
3. 소음기-2와 같이 Absorption 타입의 소음기의 경우 내부에 발생하는 압력손실이 적게 발생됨을 확인할 수 있었다.
4. 소음기-1과 소음기-2의 입-출구에 대한 압력을 확인한 결과 15m/s일 경우 494Pa, 20m/s일 경우 859Pa, 25m/s일 경우 1326Pa 그리고 30m/s일 경우 1911Pa의 차압이 발생함을 확인할 수 있었다.

후 기

본 논문은 2017년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원을 통한 결과물임

REFERENCES

1. Lee, T. E., Suh, J. S., Jeong, S. H. and Park, Y. S., "A Study on Thermal and Fluid Characteristics inside

- Engine Room of Auxiliary Powr Unit for Tracked Vehicle", Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 26, No. 12, pp. 85-93, 2009.
2. Lee, T. E., Suh, J. S. and Park, Y. S., "A Study on Temperature Distribution Characteristics inside Engine Room of the Auxiliary Power Unit for Tracked Vehicle", KSPE 09S451, pp. 821-822, 2009.
3. Sim, H. S, Jun, J. H., "A Design for Water Cooling of a Marine Diesel Engine with Verification of Improvement", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 6, pp.58-63, 2016.
4. Yi, C. S., Lee, C. W., "A Study on the Exhaust Gas After Treatment for Small Ship", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 16, No. 3, pp.76-81, 2017.
5. Yi, C. S., Suh, J. S. Song, C. K. and Yun, J. H, "A Study on Performance of Cooling Fan for Auto Transmission Oil Cooler in the Large-Size Diesel Engine", Journal of Fluid Machinery, Vol. 13, No. 6, pp.71-76, 2010.
6. Lee, T. E., Suh, J. S., Yi, C. S., Chung K. T., Yun, J. H. and Park, C. W., "Effect of Area Change of Exhaust Hole on Temperature Distribution in Engine Room of Auxiliary Power Unit for Tracked Vehicle", KSPE 2010 Spring, pp. 877-878, 2010.
7. Lee, D. R., 2004, "Study of Flow Analysis of a Mid-size Vehicle in an Engine Room", Korean Society of Computational Fluids Engineering, Vol. 9, No. 4, pp. 13-19. 2004.
8. Hountalas, T. D., "Prediction of Marine Diesel Engine Performance Under Fault Conditions", Applied Thermal Engineering, Vol. 20, Issue 18, pp. 1753-1783, 2000.
9. Yi. C. S., Chin. D. H., "Numerical Analysis of the Development of an Air Conditioning Duct for Marine and Oil Drilling Ships", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol.16, No.2, pp.50~55, 2017.