한국마린엔지니어링학회지 제33권 제6호, pp. 822~826, 2009. 9 (ISSN 1226-9549)
Journal of the Korean Society of Marine Engineering

컨테이너 선박의 엔진부하와 엔진 연소공기 급기방식에 따른 기관실 차압 특성에 관한 연구

구근회* · 성치언** · 황유진** · 이재근†

(원고접수일 : 2008년 9월 4일, 원고수정일 : 2008년 11월 12일, 심사완료일 : 2009년 9월 15일)

A Study on the Characteristics of Differential Pressure According to Main Engine Load and a Process of Supply Air For Combustion

Keun-Hoe Koo* · Chi-Un Sung** · Yoo-Jin Hwang** · Jae-Keun Lee†

Abstract : In case of engine room of ship, it uses type 2 ventilation system which supplies outside air forcibly by engine room ventilation fan, and naturally discharges air to outlet through low-pressed casing. The advantage of type 2 ventilation is that it makes inside with bi-pressure status to discharge contaminated materials to outside naturally. However, there is a phenomenon that pressure is greatly different between outside and inside due to huge amount of air supply by engine room ventilation fan. Therefore, we went aboard a container vessel which is on test run to analyze differential pressure with micronanometer by engine load and by combustion air supply method of engine. As a result, as engine load decreases (50, 75, 100%), the differential pressure between outside and inside tends to increase by 35% average, and the difference of pressure was 6.5 times maximum by combustion air supply method of engine.

Key words : Engine room(기관실), Differential pressure(차압), Ventilation(환기)

1. 서 론

지난 30년 간 컨테이너선의 수요는 지속적인 증가 추세를 보여 왔다. 그러나 우리나라 해운선사들은 경제 성장으로 선박 근무의 장점이 사라져 급속한 이직현상과 선박근무 기피현상들이 일어나 선원 충원과 선박 안전운항에 많은 어려움을 겪고 있는 실정이다. 위와 같은 현상들에 대한 대책으로 각 선사에서는 선박 근무자들에 대한 복지 부분에 많은 관심을 가지고 개선해 가고 있다. 그러나 선박 부서중 하나인 기관부의 근무여건에 대해서는 다소 소홀한 점들이 있다고 판단된다. 따라서 선박 내 근무환경을 개선하여 작업여건을 향상시키는 면에서의 노력과 연구가 필요한 시점이다.

† 교신저자(부산대학교 기계공학부 냉동공조에너지연구실, E-mail:jklee@pusan.ac.kr, Tel: 051-510-2455)
* 삼성중공업 조선해양연구소
** 부산대학교 기계공학부 냉동공조에너지연구실

선박 구조 특성상 기관실은 거의 밀폐된 공간이며, 이 밀폐된 공간 안에 육상 기관 공장과 버금가는 각종 기기들이 장착되어 있고 선박 운항 시 이들 전 기기들이 충분한 성능을 발휘하여야만 선박의 안전운항이 가능하다.

하지만 위와 같은 한정된 공간에 밀집 배치된 각종 기기들에서 발생하는 열과 소음 및 오염물질 그리고 기관실 내부의 높은 압력 때문에 근무자들은 장시간 근무에 상당히 어려움을 호소하고 있다. 특히 차압의 특성에서는 선박의 기관실내외 차압이 ISO 규정에서 50 Pa 이하를 권장하는 실정이므로 이에 상응하는 선박의 설계의 필요성이 대두되고 있다.

선박의 엔진룸 환기에 대한 연구를 살펴보면 이혁[1]은 CFD와 연기감지 실험을 통한 기관실내 공기 유동 형태를 분석하였으며, 박찬수[2]는 열원이 있는 밀폐된 선박 기관실에서의 기류에 관한 수치적 연구를 수행하였다. Larsson.M[3]은 밀폐공간의 부력에 의한 환기 성능을 연구하였으며, 장문석[4] 실내공간의 부력에 의한 환기 성능을 연구하였다. 밀폐 공간에 대한 선행 연구는 거주 공간인 육상 건물 내의 공간에 치우쳐 있고, 선박의 밀폐된 공간인 기관실에 대한 연구는 찾아보기 어렵다. 따라서 본 연구에서는 시운전 중인 선박에 총 4차례 승선하여 기관실내의 차압을 마이크로 마노미터를 이용하여 엔진부하가 변화함에 따라 그리고 엔진의 연소공기의 급기 형태의 종류에 따라 차압의 특성을 측정하였다.

2. 선박 기관실 연소 공기량

2.1 연소 공기량의 이론적 계산

선박의 기관실 내에는 각종 기기들이 밀집 배치되어 있다. 이들 기기 중에는 작동 중 공기를 사용하지 않는 기기들과 작동하기 위해 공기를 사용하여야 하는 기기들로 나누어진다. 이렇게 공기를 사용하는 기기 중 기관실내외 차압에 영향을 미치는 기기는 선박을 구동시키는 심장역할을 하는 주 엔진과 운항 중 전기를 발생시키는 제네레이터 엔진으로 크게 두가지로 구분할 수 있다. 기관실내 사용공기량은 ISO 8861[5] "Shipbuilding Engine-room ventilation in dissel-engined ship-Design requirements and basis of calculations" 에 다음과 같이 정의하고 있다.

$$Q_c = Q_{dp} + Q_{dg} + Q_b \quad (1)$$

여기서,

Q_c : 기관실내 연소를 위한 공기 사용량
Q_{dp} : 주 엔진의 연소 공기량
Q_{dg} : 제네레이터 엔진의 연소 공기량
Q_b : 보일러의 연소공기량

일반적으로 주 엔진에서 사용하는 공기량이 기관실내 사용하는 총 공기량의 약 90 % 정도를 차지하기 때문에 주 엔진의 사용 공기량이 절대적인 비율을 차지한다.

이에 본 연구에서는 기관실내외 차압을 변화시키는 요인으로 주 엔진의 연소 공기량을 변수로 지정하였다. 측정에 사용된 9,000 TEU급 컨테이너 선박은 급기팬에 의해 기관실내로 총 924,000 m^3/h의 공기가 유입된다. 기관실내 공기 사용량 Qc = 613,709 m^3/h (주 엔진 부하 : 100%)는 주 엔진의 연소공기량으로 가정하였다. 기관실에서 사용되고 남은 약 300,000 m^3/h의 공기가 기관실 배기구를 통하여 완전히 배기를 하여야만 기관실 내외 차압이 대기압과 비슷한 수준으로 유지된다는 것을 알 수 있다. 하지만 배기는 급기된 공기가 기관실 환기를 시킨 후 압력이 낮은 케이싱을 통해 배출구 쪽으로 이동한다. 이때 팬(fan)에 의한 강제 로 배기가 되는 형태가 아닌 공기의 압력과 부력을 이용해 자연적으로 배기가 되는 2종 환기 시스템이기 적용되고 있기 때문에 충분한 양이 배기가 되지 않아 기관실내는 "풍선효과"와 같이 기관실내 공기가 꽉 들어찬 상태가 유지되어 기관실내의 압력이 상승하여 결국 기관실 내외 차압이 증가하는 결과를 초래하게 되는 것이다.

3. 측정 결과 및 고찰

3.1 측정 위치

본 연구는 실제 운항하는 선박에서 주 엔진의 변화에 따라 선박의 기관실내외의 차압을 측정하여

기관실내의 여러 가지 열악한 환경 조건 중에서 차압 측면에서 보다 나은 조건을 제시하는 것에 그 목적이 있다.

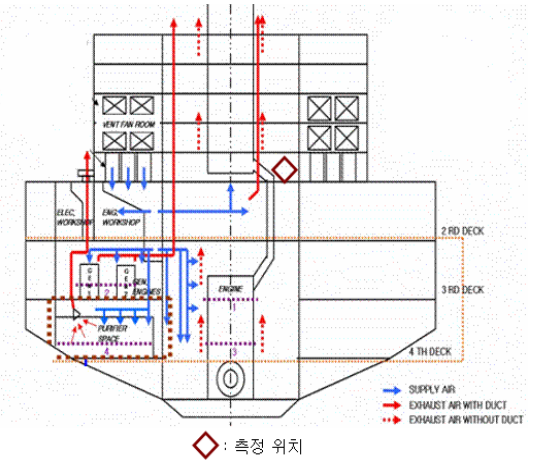

Fig. 1 Sectioned drawing of 9,000 TEU container ship (Location of measuring point)

측정 대상인 9,000 TEU급 컨테이너 선박은 Fig. 1과 같이 사람이 거주하는 지상층과 기관실이 존재하는 지하층으로 나뉘는데, 기관실은 2^{ND}, 3^{RD}, 4^{TH} Deck으로 다시 나누어진다. 차압 측정은 선박 기관실의 상부인 upper deck에서 마이크로마노미터를 이용하여 수행하였다. 선박의 주 엔진은 운항시 엔진 부하는 크게 25, 50, 75, 100 % 로 나뉘어 운전을 하며, 현재 선박에 사용되고 있는 주 엔진은 크게 두 가지로 첫번째는 주 엔진의 연소에 필요한 공기를 기관실 내부의 공기를 사용하는 방식이 있고 두 번째는 주 엔진의 연소에 필요한 공기를 외부와 연결된 shaft tunnel을 통해서 주 엔진에 공급하는 방식이 있다.

3.2 주 엔진 부하 상태별 차압 특성

급기팬에 의해 기관실내로 유입되는 공기량은 급기팬이 비례제어가 아닌 on/off 방식으로 작동을 하기 때문에 급기팬의 설계 용량에 의해 항상 일정량의 공기가 기관실로 유입된다. 하지만 기관실내로 유입된 공기를 주 엔진이 연소를 위해 사용하는 주 엔진의 형태의 경우 주 엔진의 부하에 따라 공기의 사용량도 크게 달라진다. 아직까지 주 엔진 부하의 증감과 주 엔진의 공기 사용량의 변화에 따른 기관실내외 차압변화 특성에 관해서는 규명되지 않았지만 주 엔진 부하가 높을 때에는 기관실내 일정한 공기량에서 많은 공기를 사용하기 때문에 기관실내외 차압은 감소하며 주 엔진 부하가 감소함에 따라 기관실 내에서 공기 사용량도 감소하여 기관실내 공기가 엔진 부하가 높을 때 보다 늘어나면서 결국 기관실내외 차압이 증가하는 것으로 판단된다. 그러므로 본 장에서는 실제 운항하는 선박의 주 엔진 부하가 50, 75, 100 %로 변화함에 따라 기관실내 차압특성 변화를 측정하였다.

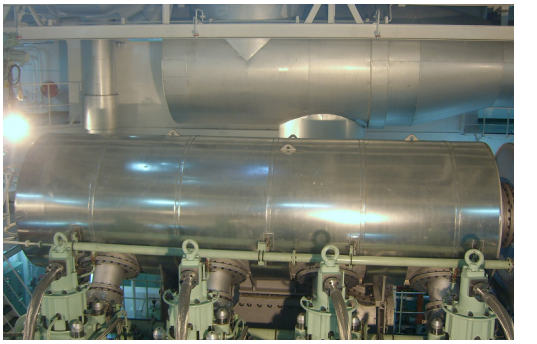

Fig. 2 Main engine of 9,000 TEU container ship

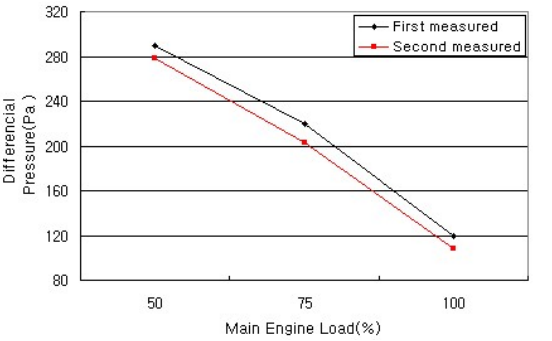

Fig. 3 Variation in characteristics of differential pressure between outside and inside of engine room according to main engine load

Fig. 2는 실제 측정 대상인 9,000 TEU급 컨테이너 선박의 기관실 내부 주 엔진의 사진으로 기관실 내부의 공기를 엔진 연소를 위해 사용하고 배기

는 배기관을 통해 외부로 배출되는 형식으로 설계되어있는 주 엔진 형태이다. Fig. 3은 대상 선박의 주 엔진 부하가 변화함에 따라 실내외 차압의 변화를 나타낸 그래프이다. 측정은 선박의 운항시 주로 사용되고 있는 주 엔진 부하 50, 75, 100 %에서 측정을 하였고, 측정 결과 주 엔진 부하가 낮아질수록 연소공기량이 적어져서 실내외 차압이 ISO 권장인 50 Pa보다 최고 5.7배 크게 나타나는 것으로 측정되었다. 그리고 차압 측면에서 가장 유리한 조건이라고 말할 수 있는 주 엔진 부하100 % 일 때에도 1차 측정 108 Pa, 2차 측정 102 Pa로 각각 기준치보다 2배 이상 높은 것으로 측정되었다. 실측 결과와 같이 기관실내외 차압이 기준치를 크게 상회하는 원인으로는 급기팬에 의해 급기된 공기 중 연소로 사용되지 않고 환기의 목적으로 사용된 공기의 일부가 배기구에서 완전히 배기되지 못하고 배기구의 병목현상으로 인해 기관실내에 계속 존재하여 실내외 차압이 높게 나타난 것으로 판단되며, 이렇게 높은 차압은 기관실내의 장시간동안 작업을 하는 작업자의 피로도 및 작업환경에 악영향을 미칠 것으로 판단된다.

3.3 엔진 연소공기 급기방식별 차압특성

Fig. 4와 Fig. 5는 선박에 사용되는 주 엔진 두 가지 유형을 나타낸 사진이다. Fig. 4는 급기팬에 의해 급기된 실내 공기를 엔진이 직접 연소에 사용하는 형태로 엔진의 부하가 실내외 차압에 영향을 미치는 형태이고 Fig. 5는 급기팬에 의해 기관실내로 유입된 공기와는 관계없이 사진에서 보듯이 외부에서 주 엔진으로 직접 급기관을 연결하여 주 엔진의 연소에 필요한 공기를 공급하는 형태이다. 그러므로 Fig. 5의 엔진 유형의 경우 엔진 부하가 차압의 변화에 영향을 미치지 않는 형태가 된다.

Fig. 6에서 보는 바와 같이 기관실에 유입된 공기를 주 엔진이 직접 사용하는 유형 1의 경우에는 엔진 부하가 줄어들면 기관실내외 차압이 크게 증가하는 특성을 보였다. 하지만 기관실내의 공기 사용과 관계가 없는 주 엔진 유형 2와 같은 경우에는 엔진 연소와 기관실내의 공기의 사용이 별개이므로 엔진 부하의 변화에 따라 차압의 변화도 거의 측정되지 않을 뿐만 아니라 엔진 부하의 전 영역에서 ISO 차압 권장치를 만족하는 50 Pa 이하의 차압 특성을 보였다.

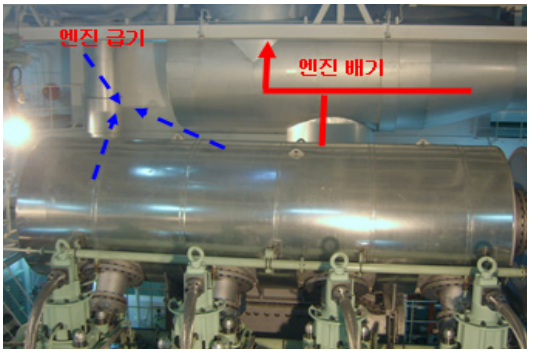

Fig. 4 Type 1 combustion air supply of main engine

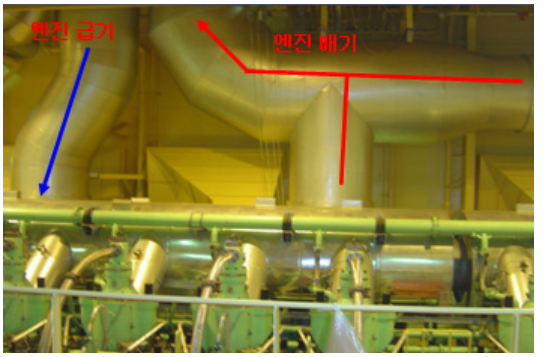

Fig. 5 Type 2 combustion air supply of main engine

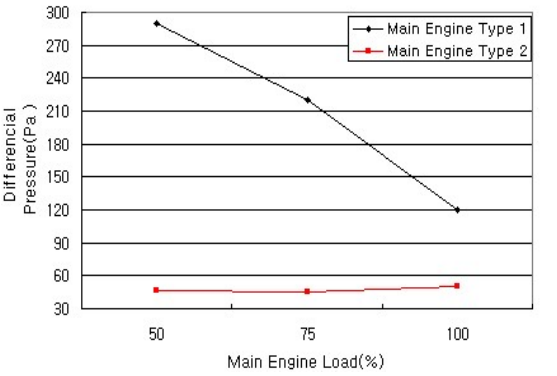

Fig. 6 Characteristics of differential pressure between outside and inside according to combustion air supply method of main engine

4. 결 론

본 연구에서는 실제 운항하는 9,000 TEU급 컨테이너 선박에서 주 엔진 부하가 변함에 따라 그리고 주 엔진의 연소 공기 급기 방식의 유형별 기관실내외 차압 특성의 변화를 실측을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 선박의 경우 항상 일정한 속도로 운항하지 않고 부하를 변화하면서 운항을 하게 되는데 주 엔진의 경우 엔진 부하의 증감에 따라 사용하는 연소공기의 양도 달라져 실내외 차압이 변하여 엔진 부하가 줄어들수록 엔진이 사용하는 공기의 양도 적어져서 일정한 양의 공기가 공급되는 기관실내의 차압이 크게 증가한다는 것을 확인하였다.

2) 선박에 사용되고 있는 두가지 주 엔진의 차압 특성을 비교한 결과 급기팬에 의해 급기된 실내공기를 엔진이 직접 연소에 사용하는 형태보다 주 엔진으로 직접 급기관을 연결하여 주 엔진에 필요한 연소공기를 공급하는 형태가 최고 1/6 수준의 낮은 차압 특성을 나타내었다.

본 연구를 통해 주 엔진 부하별 그리고 주 엔진의 연소공기 공급유형에 따른 기관실내외 차압 특성을 규명하였다. 현재 ISO 규정에서 기관실내외 차압을 50 Pa 이하로 권장하고 있는 상태이므로 향후 이에 부합하는 선박 설계가 필요하다고 생각된다.

참고문헌

[1] 이혁, "CFD 해석과 모형시험을 통항 컨테이너선 화물창 통풍 성능 비교", 대한조선학회, pp. 97, 2004.

[2] 박찬수 "열원이 있는 밀폐된 선박 기관실에서의 난류기류에 관한 수치적연구", 한국마린엔지니어링학회, Vol. 22, pp. 100-107, 1998.

[3] Larsson.M, "Prediction of Buoyancy Influenced Flow in Ventilated Inductrial Hall", Energy Conservation in Heating, Cooling and Ventilating Buildings, 1978.

[4] 장문석, 이창식, 우재석, "실내 공간에서 부력이 있는 가스의 확산 거동에 관한 수치해석적 연구", 대한기계학회, Vol. 9, pp. 65-72, 1993.

[5] ISO 8861 "Shipbuilding Engine-room ventilation in diesel-engined ship-Design requirements and basis of calculations".

저 자 소 개

구근회(具根會)

1996년 인하대학교 자동화공학과(학사), 1998년 포항공과대학교 기계공학과(공학석사), 2007년 - 현재 부산대학교 기계공학과(박사과정), 1998년 - 현재 삼성중공업 조선해양연구소(책임연구원)

성치언(成治彦)

2007년 부경대학교 기계공학부 냉동공조공학전공(학사), 2009년 부산대학교 기계공학부(공학석사), 2009년 - 현재 LG전자 냉장고사업부(연구원)

황유진(黃有璡)

2001년 부산대학교 기계공학부(학사), 2007년 부산대학교 기계공학부(공학박사), 2008년 - 현재 부산대학교 기계공학부(교수)

이재근(李在瑾)

1981년 부산대학교 기계공학과 학사, 1983년 한국과학기술원 기계공학과(공학석사), 1990년 미네소타대학교 기계공학과(공학석사), 1992년 미네소타대학교 기계공학과(공학박사), 1983년 - 1988년 LG전자(선임연구원), 1993년 - 현재 부산대학교 기계공학부(교수).