

## 동력 철도차량 기관실의 효과적인 환기에 관한 실험적 연구

### Experiments on the Effective Engine Room Ventilation in a Power Car

한 석 윤\*, 이 진 호\*\*  
S. Y. Han, J. H. Lee

#### ABSTRACT

Experimental study was made to find the effective ways for cooling of engine room in a power car through natural ventilation, forced ventilation and wind tunnel test of 1:10 model. Through the measurements of inner temperature of engine room and pressure distribution of model surface for the various opening combinations and the fan locations, the following results are obtained.

For natural ventilation, side and top opening combination is more effective than the side openings only and optimal opening combination is all side openings with top center opening.

For forced ventilation with fan on the roof, the combination of all sides and top opening is more effective than the combination of side and top opening, and the optimal location of fan is top center.

When the model is located in the air stream, the combination of side and top opening is more effective than the side openings only, and the optimal location of top opening is the front opening.

With both air stream and forced ventilation, the optimal location of fan is the side region, and the direction of side grill installation is found to have negligible effect on the room ventilation.

#### 1. 서 론

디젤기관을 탑재한 동력 철도차량의 기관실은 장시간 동안의 엔진 부하 운전(engine operation in load conditions)에 따른 엔진 자체로부터의 열방출로 인해 기관실 내부온도가 상승하게 되며 이에 따라 기관실내의 열에

민감한 부분, 즉 엔진의 고무 연결부, 전기전자부품 및 관련 주요기기에 손상을 받거나 오동작(mal-function)을 일으키게 되고, 검수승무원이 차량 정비시 상당한 불편감을 갖게 된다. 따라서 차량 설계시 기관실 내부온도를 제한함으로써 기관실 내부기기 보호 및 검수능률 향상을 도모하고 있으며, 최근 동력차량의 자동화 및 성능향상 추이에 따라 기관실

\* 현대정공㈜ 기술연구소

\*\* 정희원, 연세대학교 기계공학과

내부에 전기 전자부품 및 계기류, 특수 고무류를 많이 사용하게 되어 기관실 내부온도의 적절한 제어가 더욱 필요하다.

기관실 환기장치에 대한 국내의 동력 철도차량의 현황을 살펴보면 자연풍의 압력차 또는 온도차에 의한 부력을 이용한 자연환기 방식과 흡기 또는 배기팬을 이용 강제로 환기를 행하는 강제환기 방식들이 사용되고 있으며 이중 대부분의 동력 철도차량은 강제환기 방식을 사용하고 있다. 즉 영국의 고속열차(H.S.T), 88년형 새마을 디젤동차의 경우와 같이 기관실 지붕에 배기팬을 취부하고 측부에는 그릴을 설치하거나, 새마을 디젤전기동차와 같이 측부에 흡기팬을 설치하고 지붕에는 배기구를 설치하는 형, 또는 7100 대형 디젤전기기관차 같이 엔진에 직결된 송풍기를 통하여 공기를 흡입하고 측부 또는 상부에 배기구를 설치하는 형 등이 있으며 각각의 경우 설계조건 및 차량 특성에 따라 기관실 내부 온도를 될 수 있는한 강화시키려고 노력하고 있다.

기관실 환기 설계에 대한 기존의 방법들은 기관실 냉각에 필요한 적정 공기량 및 환기횟수를 산출하고, 이에 따라 적장 환을 선정 취부하는 강제 환기방법을 주로 사용하고 있으나<sup>2)</sup> 이들 방법에서 입구와 출구의 크기나 분포, 팬의 설치위치, 그릴 설치방법에 따른 기관실 내부 환기 효과가 전혀 고려되지 않고 있다.

기관실 냉각과 관련된 연구들을 살펴보면 직사각형 밀폐용기내에서 흡구와 출구 위치에 따른 내부 유동상태에 대한 연구는 Y. Jallia<sup>3)</sup>, 김동<sup>4)</sup>에 의해 수치해석적 방법으로 행하여졌으며, 최동<sup>5)</sup>은 아래로부터 가열되는 직사각형 공동(cavity)내에서의 자연대류와 공동위쪽에 외부 난류 경계층 유동이 복합된 경우의 열전달 현상에 대하여 수치해석적 방법으로 연구하였다. 고립된 발열물체를 가지는 밀폐공간내에서의 열전달 및 유동 특성에 관하여 이등<sup>6,7)</sup>은 수치해석적 연구를 행하였으며, Murakami 등<sup>8)</sup>은 환기장치를 가진 방에서의 유동에 대해  $K-\epsilon$ 형의 방정식을 이

용한 수치해석과 실험을 행하여 실내 공기유동 예측에 대한 방정식을 제시하였다. 그러나 동력 철도차량의 기관실은 상기와 같은 경우들이 복합된 상태로 존재함으로 수치해석적 방법에 의해서 기관실 내부 유동을 정확히 규명하기는 매우 어렵다.

본 연구에서는 동력차 기관실 환기 효과의 극대치를 위한 최적 방안 수립을 위하여 현재 한국 철도에서 운행중인 동력차 전두부 및 기관실을 1:10으로 축소 제작하여 자연 환기 및 강제 환기시, 그리고 풍동을 이용한 강제대류 실험을 통하여 측부와 상부개구부(Opening) 및 팬설치 위치 및 조합, 그릴형상에 따른 내부 온도 분포를 측정하고, 모델표면의 압력을 측정 분석함으로써 자연환기 및 강제 환기시, 측부와 상부개구부 위치 및 개구부 조합을 최적화 하고, 팬 설치시 최적위치 선정 및 그릴 설치방법에 따른 영향을 고찰함으로써, 비록 실제와의 엄밀한 상사(similarity)는 이루어지지 않았으나 차후 신차종 개발에 보탬이 되는 실계자료를 마련하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 실험 모델의 제작

본 연구에 사용된 시험 장치의 개략도는 Fig. 1에 나타내었다.

그림에서 시험 모델은 실제차량과 유사한 효과를 갖기 위해 새마을 동차의 전두부 및 주기관실을 1:10으로 축소 제작한 것으로 전두부는 공기저항을 최소화 하기 위해 목재로서 40° 경사진 유선형(streamlined head shape)으로 제작하였고, 원형(circular shape)기관실은 스텐레스 스틸로 제작하였으며, 그릴날개를 45° 방향으로 3개 설치하고 실험조건에 따라 수평 또는 수직으로 설치 가능한 구조이다.

그림은 실험모델 외부에서 볼트로 체결하며 모델에 부착시 틈새를 없애기 위해 그릴과 차체 사이에 가스켓(gasket)을 삽입하였다. 상부 개구부는 팬 설치가 가능한 볼트 조립식

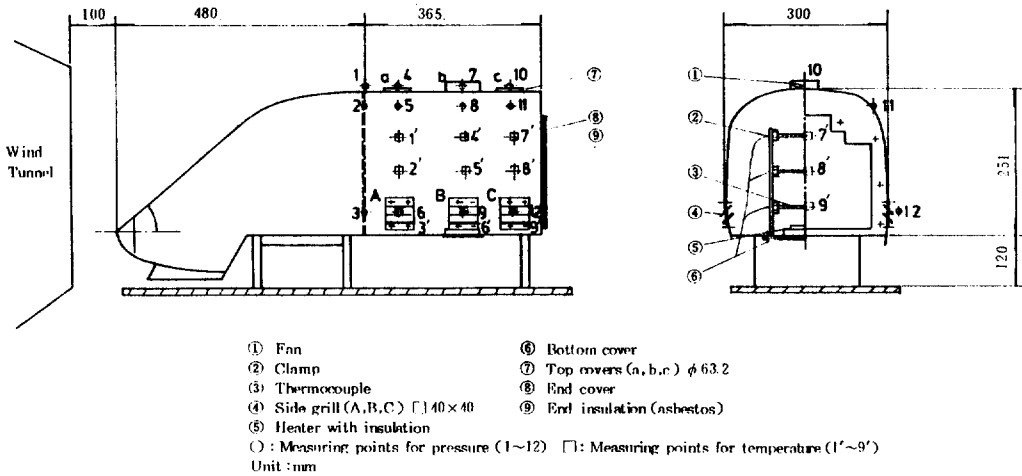


Fig. 1 Test model and measuring points

구조로서 개구부 면적은 양측부 개구부면적의 합과 같도록 하였다. 기관실과 전두부 사이에는 절연을 위해 석면 재질의 가스켓을 설치하고 기관실 단부(end part)에는 내부 관찰이 용이하도록 투명 아크릴을 사용하였다.

기관실 내부에는 엔진과 유사한 효과를 갖기 위해 178 Ω, 67.9W의 알루미늄 재질의 파이프로 된 히터를 지름 105 mm, 높이 10 mm인 절연재 위에 원형으로 설치하였으며, 단위면적당 전달열량은 0.63 W/cm<sup>2</sup>이다. 이는 실제 기관실 용적과 엔진의 몸체로부터 기관실 내부로 전달되는 열량의 비를 실험모델의 기관실 용적에 대한 비로 환산한 열량으로서, 히타 제작상의 문제점등을 고려하여 단위면적당의 전달열량은 실제 엔진의 0.32W/cm<sup>2</sup>보다 약 2 배로 하였다.

기관실 내부의 온도분포를 측정하기 위해 Fig.1에서와 같이 기관실 내부 9군데 위치에 J형 열전대를 설치하고 이를 자동온도기록계(digital thermocouple indicator)로서 일정시간당 변화값을 읽었다. 측정결과는 Prime 750 computer와 Calcom plotter, IBM 5555 p/c 를 이용하여 그림으로 나타내었다.

2.2 실험방법

2.2.1 자연환기 실험

자연환기 실험은 실제의 동력차가 기관을

공운전(idle) 상태로 가동하고 정차중일 때 기관실 내부의 환기 효과를 최대한 발휘할 수 있도록 측부와 상부 개구부를 조합하고 이에 따른 최적위치를 선정하는데 주안점을 두었다. 실험은 모델 내부의 온도와 외기 온도와의 차가 ±1℃ 이내 일때 기관실 내부 히타에 110 V 전원을 가하여 매 5분 간격으로 기관실 내부 9군데 위치에 대한 온도를 온도기록계로 읽었다.

측정시간은 각 개구부 조합에서 60분 정도 경과하면 열원상부를 제외하고는 거의 정상상태에 이르러 온도상승 추이에 대한 판단이 가능하였으므로 60분 이후로 하였다. 입구와 출구가 자연환기에 미치는 영향을 관찰하기 위해 측부(A,B,C) 및 상부(a, b, c)를 14가지 경우로 조합 개폐하며 내부의 온도 변화를 시간에 따라 기록하였다.

2.2.2 강제환기 실험

강제환기 실험은 자연환기의 경우와 같이 정차중인 동력차에서 상부에 팬을 설치할 때 팬 설치 위치 및 측부 개구부 위치의 조합 개폐에 따른 기관실 내부의 열적환경을 조사하고 팬설치 위치를 최적화하기 위하여 행하였다.

실험 모델의 기관실 상부 a, b 또는 c에 DC 24V, 최대공기량이 0.9 m<sup>3</sup>/min 인 팬을 설치하고 측부 그릴 설치위치를 A-a, B-b 등과 같이 8가지 경우로 조합하여 이에 따른

내부 온도변화를 관찰하였다.

측정시간은 자연환기 경우에서와 같이 각 개구부 조합에서 60분 정도 경과하면 온도분포가 거의 정상상태에 도달하여 기관실 내부의 온도 변화에 대한 판단이 가능하였으므로 60분으로 하였다.

### 2.2.3 풍동실험

주행중인 동력차는 차량의 속도에 따라 전면으로부터 차량속도와 동일한 공기의 흐름을 받게 되므로 기관실 내부환기는 정차중인 차량과는 많은 차이가 있다. 즉 차량속도에 따른 외부 공기흐름이 측부의 그릴과 상부에 설치한 개구부 및 환기 팬에 복합적으로 작용하여 기관실 내부유동에 많은 영향을 미치기 때문이다.

따라서 모델 전면에 공기흐름이 존재할 때 기관실 내부의 환기 효과를 최대로 할 수 있도록 개구부의 위치 및 조합을 최적화하고 환기팬의 효과를 최대로 할 수 있는 설치 위치를 선정하기 위하여 풍동을 이용 다음과 같은 실험을 수행하였다.

- 1) 모델 표면의 압력분포 측정실험
- 2) 측부에 수평 그릴 설치시의 자연 환기 실험
- 3) 측부에 수평 그릴과 환기팬 설치시의 강제환기 실험
- 4) 측부에 수직 그릴 취부시의 자연 환기 실험
- 5) 측부에 수직 그릴과 환기팬 설치시의 강제환기 실험

본 실험에 사용한 풍동은 연세대학교 유체역학 실험실에 설치되어 있는 노즐 (nozzle) 형 풍동으로서 기본특성은 개회로식 (open circuit wind tunnel type)으로 최대 풍속은 35 m/s, 풍동 측정부의 크기는 457 mm × 457 mm 이다.

모델은 풍동의 출구로부터 100 mm 위치에 설치하였으며, 지면효과를 고려하여 모델 설치 높이는 실제 차량의 언더 프레임 (underframe) 높이의 1:10인 120 mm로 하였다. 외부 풍속 및 온도를 측정하기 위해 풍속계를 사용하였으며 실험시 풍속은 10 m/s 와 25 m/s

로 하였다.

#### 1) 모델 표면 압력 분포 실험

모델 전면에 공기의 흐름이 존재할 때 전두부 형상에 따른 속도변화에 따라 기관실 표면의 압력은 변화한다. 따라서 기관실 내부 환기에 적합한 팬을 선정하고 팬의 효과를 최대로 하기 위해서는 기관실 표면의 압력이 가장 낮은 곳에 팬을 설치하는 것이 바람직하다.

일반적으로 팬의 성능은 정압과 그에 따른 풍량으로 표시되므로, 모델 표면의 정압을 측정함으로써 설치하는 팬에 작용되는 정압을 알 수 있고, 이에 따라 팬 효과를 최대로 할 수 있는 위치를 찾을 수 있다. 또한 전압을 측정함으로써 선정하는 팬 소요동력의 크기를 계산할 수 있게되고, 전압과 정압의 차이로부터 동압을 알 수 있다.

Fig.1 과 같이 설치된 모델에서 풍속이 10 m/s 및 25 m/s 에 도달했을 때 각각의 경우에 대하여, 3 holes pitot tube 를 사용하여 모델 표면 12군데 위치에 대한 정압과 동압을 측정하였다.

#### 2) 측부에 수평 그릴 설치시의 자연 환기 실험

(1) 모델 전면에 공기흐름이 존재할 때와 존재하지 않을 경우에 외부 공기흐름으로 인한 열확산 효과를 관찰하기 위해 기관실을 밀폐한 상태에서 기관실 내부온도의 변화를 5분간격으로 60분간 측정하였다.

(2) 모델 전면의 공기속도가 25 m/s 일 때 측부에 수평 그릴을 설치하고 상부 개구부의 개폐에 따른 기관실 내부 온도의 변화를 관찰하기 위해 모델 측부 A, B, C 에 수평 그릴을 설치하고 상부 개구부 a, b, c 를 교대로 개폐하며, 온도분포를 5분 간격으로 60분간 측정하였다.

#### 3) 측부에 수평 그릴과 환기 팬 설치시의 강제 환기 실험

기관실 온도 강화효과를 최대로 하기 위한 팬 설치 위치를 선정하고 팬을 설치할 때와 설치하지 않을 때 기관실 내부의 온도변화를 관찰하기 위해 모델 측부 A, B, C 에 수평 그릴을 설치하고 상부 개구부 a, b, c 에 팬을 교

대로 설치하여 이때의 온도변화를 기록하였

4) 측부에 수직 그릴 설치시의 자연환기 실험

측부에 수평 그릴을 설치할 때와의 영향을 관찰하고 수직 그릴 설치시 상부 개구부 위치에 따른 기관실 내부 온도변화를 측정하기 위해, 모델 측부 A, B, C에 그릴을 수직방향으로 설치하고 상부개구부 a, b, c를 교대로 개폐하여, 이때의 온도분포를 60분간 측정하였다.

5) 측부에 수직 그릴과 환기 팬 설치시의 강제환기 실험

측부에 수직그릴을 설치했을 때, 상부에 설치할 팬의 효과를 극대화하기 위한 위치를 선정하고, 측부에 수평그릴을 설치하고 상부에 환기 팬을 설치했을 때와의 환기 효과를 비교하기 위해, 모델 측부 A, B, C에 그릴을 수직방향으로 설치하고 상부개구부 a, b, c에 교대로 환기 팬을 설치하여 이때의 내부 온도변화를 기록하였다.

3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서 각 실험조건에 따른 환기효과를 기관실 내부 9군데 부위에서 측정되는 온도의 산술 평균치로 정의되는 내부 평균 온도와 이 온도와 실험직전의 내부 평균 온도(외기온도와 일치함)와의 차이 값으로 정의되는 평균 온도차를 기준으로 서술하였다. 그리고 각 경우에서의 환기 효과의 비교는 평균 온도차를 기준으로 그 효과의 증감을 백분율(%)로 나타내었다.

3.1 자연환기 실험

모델이 Fig. 1에서와 같은 위치에서 측부그릴 A, B, C 및 상부 개구부 a, b, c를 조합 개폐할 때의 14 경우에 대한 기관실 내부 온도 측정결과를 Figs. 2~5에 나타내었다.

1) 완전 밀폐 및 상부 일부만 개폐할 경우

측부와 상부를 완전 밀폐했을 경우 Fig. 3에서 각부의 평균온도는 시간에 따라 처음 20분간은 빠르게 그 이후에는 완만한 상승

을 보이고 있다. Fig. 3 으로부터 기관실 상부 a, b 또는 c 만을 열었을 경우에 온도 강화 효과를 보면 열원이 위치한 부분의 기관실 중앙상부 b를 열었을 때가 기관실 전면 상부 a 또는 후부 c를 열었을 경우보다 약 16% 정도 평균 온도차가 적음을 알 수 있다. 이는 히터로 인해 더워진 열원 상부의 공기가 부력효과로 인한 자연대류로 인해 기관실 상부로 이동하고 이에 따라 기관실 내부 주위의 찬공기가 순환되기 때문이며, 기관실 전면 상부 a나 후부 b를 열 경우에는 열원 상부로부터 기관실 상부로 이동한 공기가 기관실 측벽을 타고 기관실 내부로 확산되고 열원 상부 b를 열 경우보다 상대적으로 적은 양의 공기만이 상부 개구부로부터 유입 및 유출이 이루어지기 때문이다. 이때 평균 온도차는 60분후의 기관실 내부 평균 온도와의 차를 의미한다.

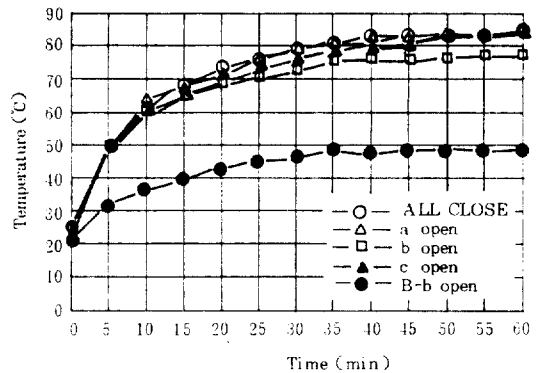


Fig. 2 Engine room average inner temperature change with time : natural ventilation

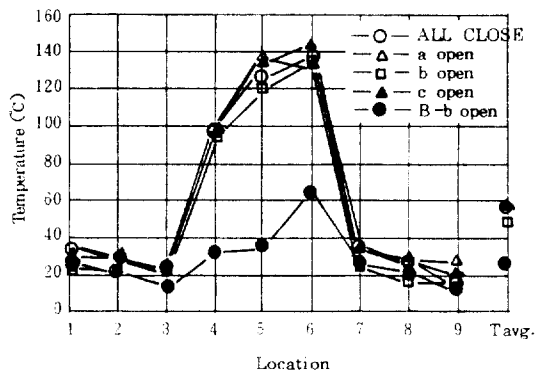


Fig. 3 Engine room inner temperature distribution : natural ventilation, Tavg. = average temperature

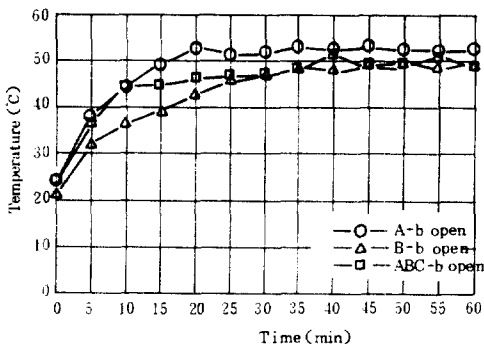


Fig. 4 Engine room average inner temperature change with time : natural ventilation

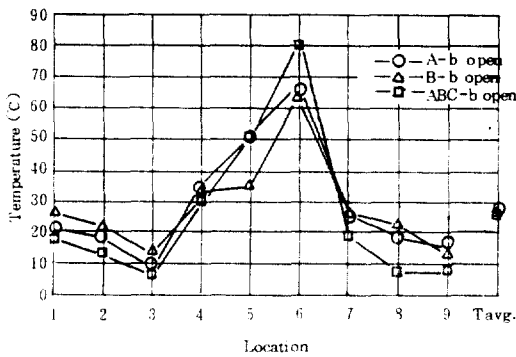


Fig. 5 Engine room inner temperature distribution : natural ventilation, Tavg. = average temperature

또한 그림에서 기관실 중앙측부 B와 상부 b를 열 경우에 기관실 중앙에 히터가 위치함에 따라 기관실 전면부(# 1, 2, 3)의 온도와 후부(# 7, 8, 9)의 온도가 거의 유사하며 상부 일부만 열 경우중 온도강하 효과가 가장 양호한 상부 중앙 b를 열 경우와 60분 후의 평균 온도차를 비교해 보면 측부 B의 상부 b를 열 경우가 상부 b만을 열 경우보다 44% 정도 효과가 큼을 알 수 있다.

2) 측부 일부 및 상부 일부 개폐의 경우

이 경우에 대한 내부 온도의 시간에 따른 변화는 Fig. 4에 나타나 있다. 그림에서 측부 중앙부 B와 상부 중앙부 b를 열 경우 전면 측부 A와 상부 중앙부 b를 열 경우에 비해 내부 평균 온도의 요동(oscillation)이 적음을 알 수 있다. Fig. 5에서 기관실 내부 온도는

실내 중심부에서 히터에 가장 가까운 위치(# 6)에서 가장 높았으며 위로 올라 갈수록(# 5, # 4) 점차 감소함을 알 수 있다. 이는 열원에 의해 가열된 공기의 일부가 부력에 의한 자연대류 효과로 상부로 유동하기 때문이다. 또한 개구부의 영향으로 기관실 전면 측부 A와 상부 a를 열 경우에는 기관실 전면부(# 1, # 2, # 3)의 온도가 기관실 후부(# 7, # 8, # 9)보다 온도가 낮음을 알 수 있다. 또 60분후의 기관실 내부 평균 온도와 초기 기관실 내부의 온도차를 비교해 보면 측부와 상부를 동시에 열 경우의 평균 온도차는 28.5°C이고 상부 a, b 또는 c만을 열 경우는 57.3°C로서 약 2배의 효과가 있다.

3) 측부 및 상부개방

측부 A, B, C 만 열 경우 실내온도는 측부 개구부 주위의 온도만 개구부로 인해서 약간 영향을 받을 뿐 평균 온도 상승을 및 각부 온도 상승율은 완전 밀폐의 경우와 유사함을 알 수 있다. 이는 측부 A, B, C만 열 경우 기관실 내부의 환기에 별로 영향을 주지 못함을 뜻한다. 또한 측부 A, B, C만 전부 열 경우 보다는 열원 중앙 상부 b만을 열었을 때가 효과적이나, 중앙 측부 B와 상부 b를 열 경우 보다는 효과가 적음을 알 수 있다. 이는 내부 열원에 의해 더워진 공기가 부력효과로 인해 상부로 이동하고 이에 따라 외부로 유출되는 양만큼 외부의 차가운 공기가 측부 그릴로 유입되기 때문이다.

한편 측부 그릴을 전부 열고 상부 개구부중 일부만을 개폐한 경우에 측부 A, B, C를 전부 열고 기관실 중앙 상부 b를 열 경우가 가장 효과적임을 알 수 있다. 또한 내부 온도 분포는 측부 A, B, C를 전부 열고 기관실 상부 a를 열 경우 개구부의 영향으로 기관실 전면부(# 1, 2, 3)의 온도가 기관실 후부(# 7, 8, 9)의 온도보다 낮음을 알 수 있고 측부를 전부 열고 상부 a 또는 c를 열 경우가 전면 측부 A와 전면 상부 a, 후부 측부 C와 후부 상부 c를 열 경우보다 열원 상부의 온도는 높고 기타 부위에서는 낮으며, 또한 평균 온도 상승율은 시간이 경과함에 따라 높



음을 알 수 있다. 이는 기관실 내부 열 확산이 측부 A 또는 C를 열고 상부 a 또는 c를 열 경우가 측부를 전부 열고 상부 a 또는 c를 열 경우보다 활발함을 나타낸다. 또한 열원 상부(# 4, 5, 6)의 온도는 Fig.6에서 보는 바와 같이 요동함을 알 수 있는데 이로부터 유동이 활발하고 약간의 주기성을 띄고 있음을 알 수 있다. 이는 히터로 인해 가열된 열원 상부의 공기가 주기성을 띠어 상승하기 때문으로 이에 따라 주위의 차가워진 공기가 새로이 주기적으로 유입되기 때문이다. 또한, 측부를 모두 열고 상부 b를 열 경우가 상부 b만을 열 경우보다 50%의 효과가 더 있으며 측부만을 전부 열 경우보다 약 60%의 온도 강하 효과가 더 있음을 알 수 있다.

측부와 상부를 전부 열 경우가 그림에서와 같이 14가지의 개폐조합중 온도 강하 효과가 가장 양호하며 측부와 상부를 완전 닫았을 때와 비교하면 약 2.3배의 효과가 있다.

### 3.2 강제환기

강제환기의 경우 모델의 상부에 Fig.1과 같이 팬을 설치하여 팬에 의한 환기효과를 관찰하였으며 이를 Fig.7 및 8에 나타내었다.

#### 1) 측부 일부를 열고 상부에 팬을 설치했을 경우

Fig.7 및 8에서 측부 A, B 또는 C를 열고 상부 a, b 또는 c에 팬을 설치했을 경우에 대한 60분 후의 평균 온도차는 8.7℃로서 상부에 팬을 설치할 경우가 설치하지 않을 경우보다 약 3배의 온도 강하 효과가 있다. Fig.7에서 시간에 따른 기관실 내부 평균 온도는 상부에 팬이 있을 때에는 개구부의 위치에 관계없이 약 25분 후에는 거의 정상 상태에 도달했으나 팬을 설치하지 않을 경우에는 내부 온도가 요동함을 알 수 있다. 또한 열원부근(# 4, 5, 6)은 약 30분후부터 기타 부위는 약 20분후 온도상승율이 거의 정상 상태에 도달했다. 이는 열원으로부터 발생하는 열량과 팬에 의해 외부로 유출되는 열량 및 차체로부터 외부로 전달되는 열량이 균형을 이루기 때문으로 볼 수 있다.

#### 2) 측부를 전부 열고 상부 일부에 팬을 설치할 경우

이 경우의 시간에 따른 기관실 내부 평균 온도상승율은 측부 일부를 열고 상부에 팬을 설치할 경우와 유사하며, 팬의 환기효과는 측부를 전부 열고 상부 a, b 또는 c에 팬을 설치했을 경우보다 측부를 전부 열고 상부 일부에 팬을 설치할 경우가 60분후의 기관실 내부 평균 온도차에서 38%의 온도 강하 효과가 크게 나타나고 있는데 이는 팬을 이용한 강제환기시 팬의 정압을 최소로 하기 위해 흡입구의 크기가 충분히 커야 함을 의미한다. 팬에 의한 강제환기시 측정된 8가지 경우에 대한 평균 온도차는 7.8℃로서 동일한 개폐조합의 자연환기의 31.7℃와 비교하면 약 4배의 효과가 있다.

## 3.3 풍동실험

### 3.3.1 모델 표면 압력 측정

모델을 Fig.1과 같이 위치시키고 모델 전면에 풍속이 10m/s, 25m/s 일 때의 모델 표면 압력을 측정된 결과는 Figs. 9, 10과 같다. 그림에서 풍속이 각각 10 m/s, 25m/s 일 경우 기관실 측하부(# 6, 9, 12)의 정압이 가장 낮게 나타나고 있는데 이는 팬을 설치할 경우 흡입저항이 최소가 되는 위치를 뜻하며 팬의 특성으로부터 동일한 팬의 경우 정압이 적을수록 팬에 의해 송출되는 풍량이 많음을 뜻한다. 따라서 흡입형 팬을 설치할 경우 기관실 측하부(# 6, 9, 12)에 설치하는 것이 유리하다. 기관실 상부의 정압은 측하부의 정압보다 높으며, 기관실 내부의 더워진 공기는 기관실 상부로 유동하게 되고 이를 기관실 상부에서 흡출함으로써 기관실 내부의 환기효과를 높일 수 있다. 따라서 상부에 팬을 설치할 경우에는 흡입형 보다는 흡출용 팬을 설치하여야 하며 그 위치는 기관실 후부 상부(# 10)가 가장 효과적이다. 모델 전면 측부 # 2 및 # 3 위치에서 동압이 가장 크다. 이는 실험모델의 전두부가 유선형이고 기관실 전면 측정위치에서 최대로 폭이 넓어지고 그 이후에는 동일한 형상을 갖기 때문이다. 따라

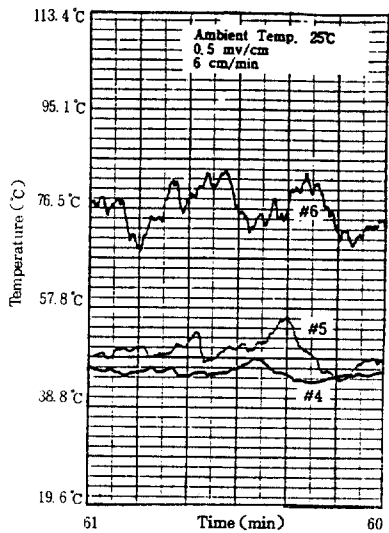


Fig. 6 Inner temperature distribution at # 4, 5, 6 of engine room: natural ventilation.(B-b open)

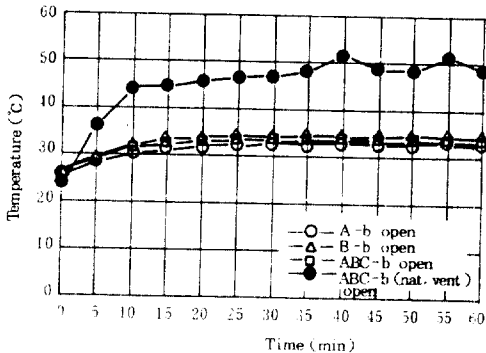


Fig. 7 Engine room average inner temperature change with time: forced ventilation

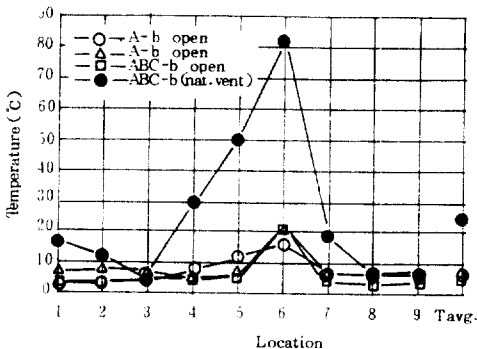


Fig. 8 Engine room inner temperature distribution : forced ventilation, Tavg. = average temperature

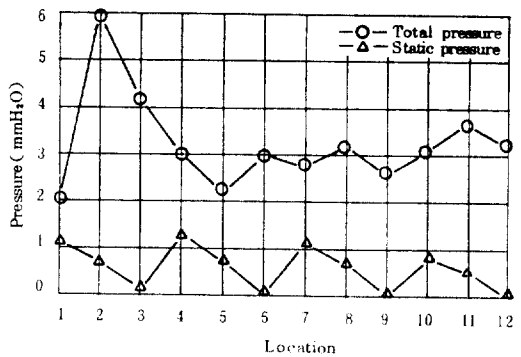


Fig. 9 Pressure distributions on the model surface( 10 m/s)

서 전면 측정위치에서 최대로 폭이 넓어지고 그 이후에는 동일한 형상을 갖기 때문이다. 따라서 전면 측부(# 2 또는 # 3) 위치에 그릴이 있을 경우 그릴 전면 공기흐름의 영향이 많이 받게 된다.

### 3.3.2 공기흐름속의 자연환기와 강제 환기

1) 측부 A, B, C에 수평그릴을 설치했을 때의 자연환기

Fig. 11 ~ 13은 풍속 25 m/s 인 경우에 Fig. 1과 같은 위치에서 측부 그릴을 모두 수평 방향으로 조절하였을 때의 기관실 내부 9군데 위치의 60분후의 평균 온도차와 기관실 내부 9군데 위치의 시간에 따른 변화를 나타낸다.

(1) 완전 밀폐 및 측부만 완전 개방할 경우

완전 밀폐의 경우 Fig. 11로부터 모델 전면의 60분후 기관실 내부 평균 온도차는 29.3 °C로서 자연환기일 때의 59.2 °C보다 약 2배의 효과가 있다. 이는 모델 외부에 유동이 존재할 때 이로 인한 대류효과로 모델 표면을 통한 열전달이 활발함을 뜻한다. Fig. 12에서 측부 A, B, C에만 수평그릴을 설치할 경우에 대한 60분후의 평균 온도차는 12.3 °C로서 완전 밀폐의 경우보다 약 2배의 효과가 있다.

(2) 측부에 수평그릴을 설치하고 상부 일부를 열 경우

이 경우 Fig. 11에서 열원이 중앙부에 낮게 위치해 있고 측부 그릴이 낮은 위치에 있음으



로 자연대류일 때보다 열원 상부 유동이 적으며, 열원 상부(# 5, 6)를 제외하고는 약 15분 후에 정상 상태에 도달했다. 또한 Fig.13으로부터 측부 A, B, C에 수평그릴을 설치하고 상부 a, b 또는 c를 열 경우가 측부 A, B, C만 열었을 때보다 효과적임을 알 수 있으며 상부 개구부의 위치는 기관실 상부 중앙부 b 또는 후부 c보다 상부 전면 a일 때가 약 18%의 온도강하 효과가 더 있다.

2) 측부에 수평그릴을 설치하고 상부 일부에 팬을 설치했을 때의 강제환기

Fig.13 및 15는 이 경우의 내부 평균 온도 및 평균 온도차를 나타내고 있다. 그림에서 열원 상부 b에 팬을 설치했을 경우가 가장 효과적이며, 상부 전면부 a 또는 후부 c에 팬을 설치했을 경우에는 별로 효과가 없음을 알 수 있다. 이는 팬이 공기흐름으로 인하여 모델 표면에 생성된 정압의 영향을 받아 팬이 송출하는 공기량이 적어지기 때문이다.

3) 측부 A, B, C에 수직그릴을 설치했을 때의 자연환기

모델을 Fig.1과 같이 위치시키고 측부 A, B, C에 그릴을 수직방향으로 설치했을 때의 내부 온도 측정결과를 평균온도 그림으로 나타낸 결과는 Figs. 16, 17과 같다. 그림에서 측부 A, B, C에만 수직그릴을 설치할 경우 60분후의 평균온도차는 12.5°C로서, 측부 A, B, C에 그릴을 수평방향으로 설치했을 때의 평균 온도차가 12.3°C임을 상기할 때 측부 그릴의 설치방향에 따른 기관실 내부 평균온도 변화는 거의 없음을 알 수 있다.

한편 측부 A, B, C에 그릴을 수직방향으로 설치하고 상부 a, b, c를 열 경우 Fig. 16, 17로부터 측부 A, B, C에만 수직 그릴을 설치했을 때보다 36% 효과가 크게 나타남을 알 수 있다. 또한 동일한 조합으로 측부에 수평 그릴을 설치했을 때의 평균 온도차와도 유사함을 알 수 있다. 이는 풍속이 존재하는 방향으로 그릴을 설치하더라도 이의 영향이 크지 않음을 뜻하며 모델 표면의 압력 측정시 측부 정압이 매우 낮은 것에서도 알 수 있다. 또 상부개구부의 위치는 상부 중앙 b 또는 후부 c보다 상부 전면부 a 위치가 약 13%의 효

과가 더 있으며 Fig.13에서와 같이 측부에 수평그릴을 설치했을 때와 유사하게 기관실 전면 하부(#3) 위치의 온도가 가장 높았다.

4) 측부 A, B, C에 수직그릴을 설치하고 상부 일부에 팬을 설치했을 때의 강제 환기

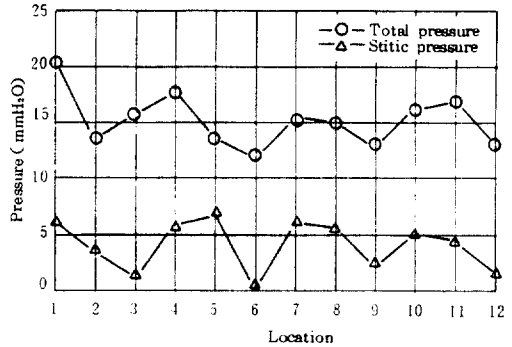


Fig. 10 Pressure distributions on the model surface (25 m/s)

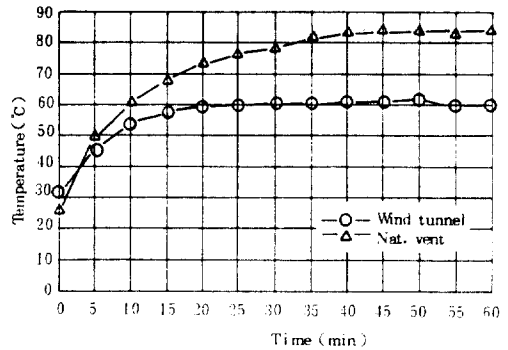


Fig. 11 Engine room average inner temperature change with time (all close)

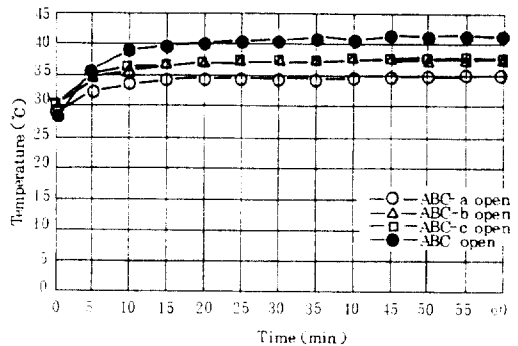


Fig. 12 Engine room average inner temperature change with time: wind tunnel test, horizontal type side grill

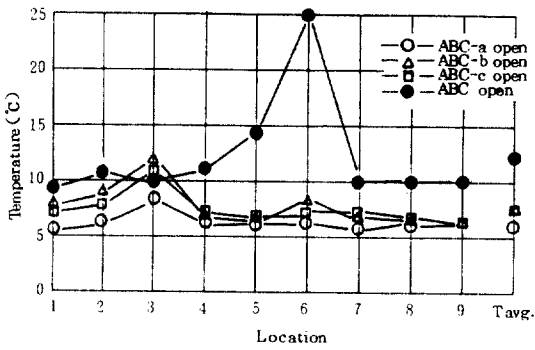


Fig.13 Engine room inner temperature difference : wind tunnel test, horizontal type side grill Tav<sub>g.</sub> = average temperature

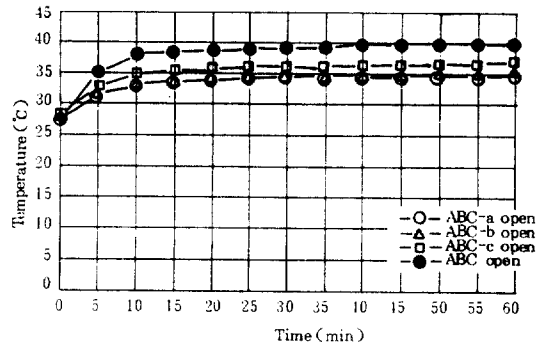


Fig.16 Engine room average inner temperature change with time: wind tunnel test, vertical type side grill

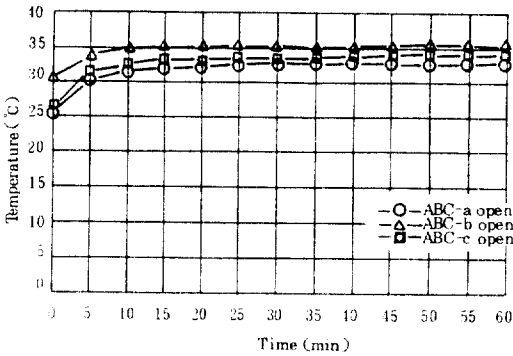


Fig.14 Engine room average inner temperature change with time : wind tunnel test, horizontal type side grill and fan

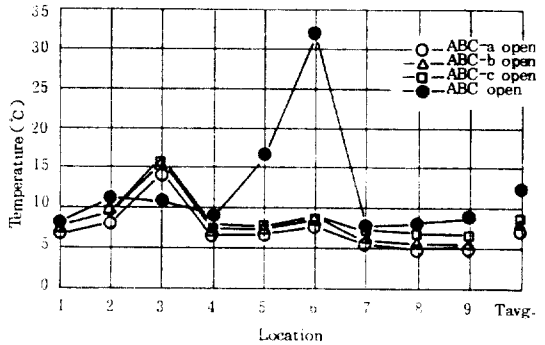


Fig.17 Engine room inner temperature distribution: wind tunnel test, vertical type side grill, Tav<sub>g.</sub> = average temperature

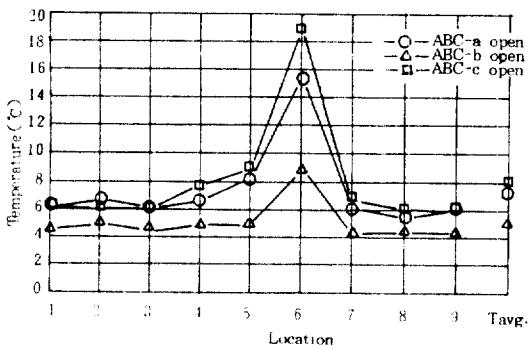


Fig.15 Engine room inner temperature difference distribution : wind tunnel test, horizontal type side grill and fan Tav<sub>g.</sub> = average temperature

모델을 Fig.1과 같이 위치시키고 측부 A, B, C에 그릴을 수직방향으로 설치하고 상부 a, b 또는 c에 환을 설치했을 경우 측정 결과를 평균온도 그림으로 나타내 보면 상부 b에 환을 설치했을 경우가 상부 전면 a 또는 후부 c 보다 효과적임을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

유선형 전두현상을 가진 동력차 기관실 환기시스템의 최적 설계를 위한 기초자료로서 실제 동력차량과 유사한 모델의 환기효과에 대하여 자연환기, 강제환기 및 풍동실험을 시행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 자연환기시 측부 A, B, C 만 열 경우 보다는 측부 A, B 또는 C 와 상부 a, b 또는 c 를 동시에 열 경우가 효과적이며 측부 A, B, C 를 전부 열고 열원이 위치한 상부의 중앙 b 를 열 경우가 가장 효과적이다.

2) 강제 환기시 측부 일부를 열고 상부 일부에 팬을 설치할 경우보다 측부 A, B, C 를 전부 열고 상부 일부에 팬을 설치할 경우가 효과적이며, 팬은 상부 중앙 b 에 설치하는 것이 가장 효과적이다.

3) 전면에 풍속이 존재할 경우 정압이 가장 낮은 위치는 기관실 측하부 # 6, 9, 12이며, 팬설치 위치는 흡입형일 경우는 측하부 # 6, 9, 12 가 효과적이고, 상부에 팬을 설치할 경우에는 흡출형 팬을 설치하는 것이 좋으며 상부의 후부위치 c 가 최적이다. 또한 기관실 냉각 효과는 측부 A, B, C 만 열 경우보다 측부 A, B, C 와 상부 a, b 또는 c 를 열 경우가 효과적이며 상부개구부의 최적위치는 상부 전면부 a 이다.

4) 전면에 풍속이 존재하는 경우 측부 그릴의 설치방향은 기관실 내부 환기에 별로 영향을 주지 않는다.

### 참 고 문 헌

1. 金田務, 換氣方式と換氣量, 設備と管理, Vol. 18. No.11M, pp. 51~61, 1984.
2. 日本空氣調和・衛生工學會, 設備技術研究會譯 “空氣調和・衛生工學便覽”, 한미(株), pp. II 23~75, 1987.
3. Y. Jaluria, S. K. Gupta, “A Numerical Study of Mixed Convection Flow in Enclosures”, J. Energy Research, Vol. 7, pp. 201~210, 1983.
4. 김점수, 안국찬, “Mixed Convection Analysis in a Rectangular Enclosure”, 技術現代, Vol. 8, No. 1, pp. 2~8, 1988.
5. 최철진, 장근식, “Natural Convection in a Rectangular Boundary Layer”, 대한기계학회논문집, Vol. 9, No. 4, pp. 518~527, 1985.
6. 이재현, 박만홍, “내부 발열물체를 갖는 경사진 정사각형 공간에서의 자연대류 열전달”, 대한기계학회논문집, Vol. 8, No. 2, pp. 171~177, 1984.
7. 이재현, “고립된 발열물체를 가지는 정사각형 밀폐공간에서의 자연대류 열전달 및 유동특성에 관한 연구”, 대한기계학회논문집, Vol. 8, No. 4, pp. 360~367, 1984.
8. S. Murakami, D. E. S. Kato, D. E. Y. Suyama, “Three Dimensional Numerical Simulation of Turbulent Flow in a Ventilated Room by Means of a Two-Equation Model”, J. Ashrae Trans. Part 2, pp. 621~642, 1987.