

## 커먼레일 방식 디젤기관차의 연소공기 온도에 따른 엔진출력 변화 고찰

A study on changes in engine output according to compustion  
air temperature commonrail type diesel locomotive

김남조\*, 유병관\*, 박태용\*, 김재문\*\* †

이번 연구에서는 한국철도공사에서 운용중인 커먼레일 방식 디젤기관차(7600호대)의 엔진출력에 영향을 미치는 연소공기의 온도특성을 조사하였다. 엔진출력이 정상인 차량과 비정상인 차량을 구분하여 흡입 공기 온도와 배기가스 온도의 변화를 조사하였다. 엔진이 정상상태에서는 흡기 온도에 비례하여 배기가스 온도가 일정하게 상승하는 것이 관측되었으나, 비정상 출력이 발생한 경우는 엔진 회전속도, 흡입 공기의 온도와 무관하게 배기가스의 온도가 비정상적으로 상승하는 것으로 조사되었다. 배기가스 비정상 상승의 원인은, 배기가스 배출측 누설로 압력이 저하되거나, 고압연료 인젝터의 불량으로 인해 ECU에 의한 보정작용으로 다른 인젝터의 분사량이 증가하는 불안정현상으로 인해 상승한 것으로 보인다. 조사된 연구결과를 바탕으로, 흡입공기온도와 배기가스 온도의 차이로 인해 발생하는 엔진출력 저하 현상에 대해 정기정비 중 측정값의 비교를 통한 예방 점검을 통해 엔진수명을 연장할 수 있도록 점검기준을 제시할 수 있었다.

**주요어** : 커먼레일, 흡기공기, 배기가스 온도 ECU, 연료인젝터

## 1. 서 론

커먼레일은 독일의 보쉬(Bosch)사가 원천기술을 가지고 있는 기술로 1960년대 개발된 이후 ECU에 의해 분사량이 제어되는 현재의 방식으로 개선되어 디젤엔진의 핵심기술이 되어 2014년 이후 도입된 7600호대형 디젤기관차(GE P616LD)에 설치되어있다. GE社에서 개발한 7600호대의 연료분사시스템은 고압펌프에 의해 형성된 1600bar의 압력을 각 인젝터별로 독립 제어하여 압력손실없이 분사되도록 한 것이 특징이다. 본 연구에서는 7600호대 디젤기관차의 정상 및 비정상 연소 시 흡입공기와 배기가스 온도 변화량을 측정하여 연소공기 온도가 엔진출력 미치는 영향을 분석하고, 정기정비 중 측정값의 비교를 통한 예방점검을 통해 엔진수명을 연장할 수 있도록 점검기준을 제시하고자 한다.

## 2. 조사내용 및 방법

## 2.1 조사내용

본 연구에 사용되는 데이터는 7600호대 디젤기관차의 엔진센서의 센서별 측정값을 사용하였으며, 정상상태의 차량 2량(7611호, 7624호), 엔진출력 저하 발생차량 4량(7603호, 7609호, 7610호, 7623호)에 대해 비교하였다.

## 2.2 흡입 및 배기 공기 온도 측정

디젤엔진의 연소공기 계통에 설치된 CDLT (Compressor Discharge Left Temperature), CDRT (Compressor Discharge Right Temperature)는 엔진의 연소에 필요한 흡입공기 온도를 측정하여 연소공기의 밀도를 결정하며, 온도가 기준치 이상(500°F에서 1분이상)으로 상승하면, 밀도가 감소되었다고 판단하여 엔진의 출력을 10% 이상 제한한다.

PILT(Preturbine Left Temperature), PTRT (Preturbine Right Temperature)는 배기공기의 온도를 측정하여 기준치 이상(1,250°F에서 1분 이상)으로 상승하면 엔진의 출력을 10% 이상 제한한다. 연소공기의 온도는 엔진출력이 정상인 경우와 비정상연소상태에서 차량 운행 중 엔진회전속도에 따라 측정하였다.

† 교신저자: 한국교통대학교 교통대학원 교통시스템공학과 (goldmoon@ut.ac.kr)

\* 한국철도공사 인재개발원

\*\* 한국교통대학교 교통대학원

### 3. 결과분석 및 고찰

#### 3.1 정상상태의 온도 비교

엔진이 정상연소상태인 경우 흡입과 배기 가스의 온도는 엔진회전속도에 따라 증가하나 기준치 이하이며, 흡입과 배기가스의 온도차이는 756°F (650~850°F)로 조사되었으며, 좌우측 온도 차이는 2~3°F로 확인하였다.

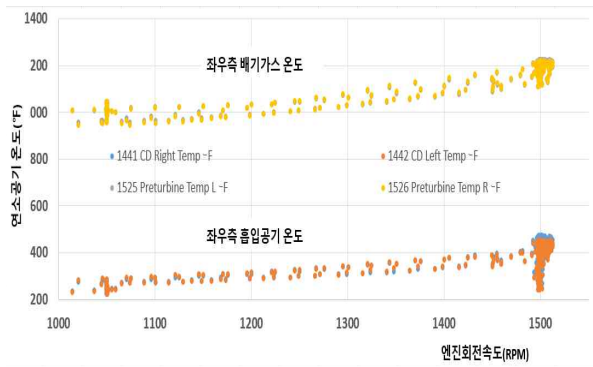


그림 1. 정상상태의 흡입 및 배기온도

#### 3.2 연료인젝터 불량차량 온도 비교

연료인젝터가 불량한 차량의 경우에도 엔진회전속도의 증가에 따라 연소공기의 온도가 증가하였으나, 정상차량과 달리 좌우측 배기가스의 온도차이가 발생하였으며 출력저하 시점에서 좌측 배기가스 온도(PTLT)가 1,250°F 이상 상승하였다. 흡입 및 배기가스 온도차는 평균 842°F (798~943°F)로 좌우측 흡입공기의 온도차이가 없는 것에 비해 배기온도는 평균 115°F (100~120°F)의 차이가 발생하였다.

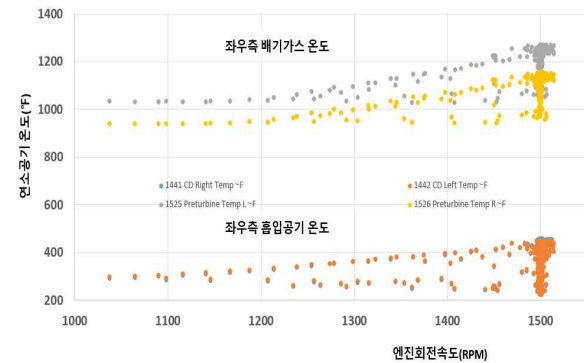


그림 2. 인젝터 불량차량의 연소공기 온도

#### 3.3 배기라인 불량 차량 온도비교

배기라인 불량으로 엔진출력저하 발생 차량의 경우에도 엔진회전속도 증가에 따라 연소공기 온도가 증가하였으나, 연료인젝터 불량차량과 동일하게 좌우측 배기가스 온도차가 발생하였으며 출력저하 발생 시점에서 좌측

배기가스 온도(PTLT)가 1,250°F 이상 상승하였다. 흡입 및 배기가스 온도차는 평균 915°F (805~986°F)가 되었으며, 좌우측 흡입공기 온도차가 없는 것에 비해 배기온도는 평균 104°F (86~109°F) 차이가 확인되었다.

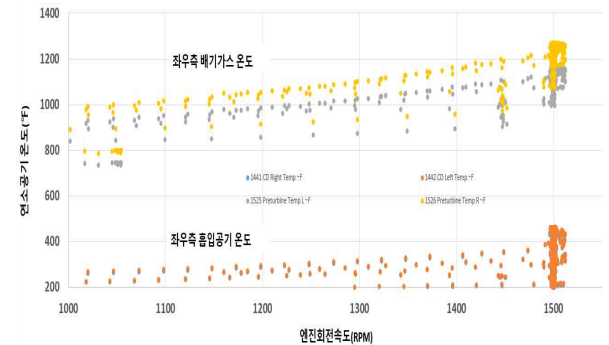


그림 3. 배기라인 불량차량 연소공기 온도

### 4. 결론

첫째, 정상상태에서는 엔진회전속도에 비례하여 연소공기 온도는 허용치 이하에서 상승하였으며, 좌우측 온도차이는 거의 발생하지 않았다.

둘째, 연료인젝터가 불량하면 ECU 보정작용으로 나머지 인젝터 분사율 증가로 연소실 온도가 상승하며 인젝터 불량측 배기가스 온도가 비정상적으로 상승 좌우측 배기가스 온도 차가 발생한다.

셋째, 센서는 배기라인 누설로 인한 압력저하를 온도상승으로 판정하므로 좌우측 배기가스 온도차가 발생한다. 연료인젝터와 배기라인 불량차량을 각각 비교했을 때 동일한 증상과 고장코드가 확인되지만 흡입~배기 온도 차이는 크게 나타나며, 좌우측 배기온도차는 작게 확인되었다. 정상적인 계획 정비시에는 인젝터 초기 불량을 발견하기 어려우나 본 논문 결과를 바탕으로 연소공기 온도를 비교한다면 불량 인젝터, 배기라인 미세 누설을 사전에 조치한다면, 장애예방과 엔진수명을 높이는 효과가 있을 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- [1] 한국철도공사 (2014), “디젤전기기관차 25 량 일반”.
- [2] 홍상범, 이봉길 (2017), “Common Rail 디젤기관에서 연료 분사량 변화에 따른 기관 성능에 관한 실험적 연구”
- [3] 김재휘 (2018), “자동차 디젤기관”