

## 대형 버스의 엔진룸에서 흡음재이탈 및 전기적인 단락에 관련된 화재 사례 고찰

†이일권·국창호·함성훈·이영숙·황한섭\*·유창배\*\*·문학훈\*\*\*·이정호\*\*\*\*

대림대학교 자동차공학과 교수, \*수원과학대학교 기계과 교수, \*\*신성대학교 자동차계열 교수,

\*\*\*오산대학교 자동차과 교수, \*\*\*\*인하대학교대학원 기계공학과 박사과정

(2020년 2월 6일 접수, 2020년 3월 18일 수정, 2020년 3월 19일 채택)

### A Study for Fire Examples Involved with Absorbing Material Breakaway and Electric Short in Engine Room of a Large Bus

†IL Kwon Lee·Chang Ho Kook·Sung Hoon Ham·Young Suk Lee

Han Sub Hwang\*·Chang Bae You\*\*·Hak Hoon Moon\*\*\*·Jeong Ho Lee\*\*\*\*

*Dept. of Automotive Engineering, Daelim University College, \*Dept. of Mechanical Engineering, Suwon Science College, \*\*Dept. of Automotive Engineering, Shin Sung University, \*\*\*Dept. of Automotive Engineering, Osan University, \*\*\*\* Graduate School of Mechanical Engineering, Inha University*

(Received February 6, 2020; Revised March 18, 2020; Accepted March 19, 2020)

#### 요약

이 논문은 대형버스의 화재에 관련된 고장사례를 고찰한 논문이다. 첫번째 사례는, 엔진룸 상단에 부착된 흡음재가 노후되어 떨어지면서 엔진쪽에 화재를 발생시킨 것으로 확인되었다. 두번째 사례는, 컴프레서의 부하로 인해 전기적인 단락에 의해 화재가 발생한 것으로 확인되었다. 세번째 사례는, 머플러 상단에 부착된 흡음재가 떨어져 배기매니폴드와 연결되어 있는 머플러 상단에서 점화되어 화재가 발생된 것으로 확인되었다. 네번째 사례는, 운전석 우측 크래쉬 보디부의 경선 박스내에서 전기적인 쇼트가 발생하여 화재가 발생된 것으로 확인되었다. 따라서, 대형버스의 화재는 흡음재의 노후, 전기적인 단락에 의해 화재가 발생하였을 경우 피해가 크고 대단히 위험하므로 철저하게 관리하여 화재 발생이 없도록 하여야 한다.

**Abstract** - This paper is a purpose to study the failure examples for a large bus vehicle fire. The first example, the researcher certified the fact that the absorbing material break away from the upper side of engine room because of weaken durability and the fire was produced in engine. The second example, it sought the fact that the fire breaks out by electric short because of over-load of compressor. The third example, it found the fact that the fire took place by heating of bellows upper part that was connected with muffler and exhaust manifold. The fourth example, it knew the fact that the fire occurred because of the electric short inside junction box of crash body part that was located to driver seat rightside. Therefore, the fire of a large bus occurring by decrepit of absorbing material and electric short have to thoroughly manage the damage and dangerousness if it happens.

**Key words** : large bus, absorbing material , compressor load, muffler heat, crash body

†Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr

Copyright © 2020 by The Korean Institute of Gas

## I. 서론

먼 옛날 인류는 출발지에서 목적지까지 이동할 때는 두 발을 이용하여 이동하였다. 이후 인류는 동물을 훈련시켜 말이나 이동이 가능한 동물을 타고 이동하였다. 기하학적으로 이동하기에 가장 합리적인 구름에 유리한 형태의 원형 바퀴를 발명하면서, 이를 말이나 소를 이용하여 이동을 함으로써 인간이 걸어서 이동하는 것보다는 더 빠르게 이동하게 되었다. 이후 화석연료를 연소시켜 회전력을 얻는 엔진이 개발되면서 많은 사람들을 태우고 이동할 수 있는 박스형의 버스가 개발되었고, 이러한 버스는 도시와 도시간의 이동을 원활하게 하게 되면서, 사람들의 이동을 획기적으로 변화시켰다. 이러한 버스의 출현은 인류의 대중적 이동을 쉽고 빠르게 함으로써 인류의 문명 발전에 크게 이바지하였다고 할 수 있다.

이러한 버스는 이동을 하면서 엔진의 내구성이 떨어지거나 새시 시스템, 차체시스템과 전기시스템의 마찰과 열에 의해 점화열이 발생하는 문제가 발생함으로 인해 화재가 발생할 수 있다. 자동차화재가 발생하면 화재가 발생할 때 화재위치와 화재원을 확실하게 확인하지 못하면 화재의 원인을 밝혀내기가 쉽지 않다. 미국의 경우에는 국가화재 보호협회(National fire protection association;NFPA)에서 자동차화재를 최소화하기 위한 노력으로 자동차화재에 대한 조사보고서를 주기적으로 발표하여 대처하고 있다[1]. 또한, 자동차화재는 철저한 자동차의 정비와 주기적인 검사프로그램을 적용함으로써 최소화가능하다는 연구논문도 발표되었다[2]. 최근 국내에서는 자동차화재에 대한 연구가 사례를 중심으로 꾸준히 발표되고 있다[3,4,5,6,7]. 따라서, 이러한 화재를 예방하기 위하여 차량의 내구성을 높이고, 철저하게 점검을 하여 화재가 발생하는 것을 사전에 예방할 수 있도록 관리하여야 한다.

이 논문은 대형 버스 자동차의 고장사례를 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

## II. 이론적 배경

### 2.1 대형버스의 개념

일반적으로 버스는 자동차 관리법상 승합자동차로 분류된다. 승합자동차로 분류되는 중형버스는 승차정원이 16인 이상 35인 이하이거나, 길이·너비·높이 모두가 소형을 초과하여 길이가 9m 미만으로 규정한다. 또한, 대형버스는 승차정원이 36인 이상이거나,

길이·너비·높이 모두가 소형을 초과하여 길이가 9m 이상인 버스를 말한다. 일반적으로 대형버스는 주로 시외버스나 시내버스용, 자가용이나 관광운송을 위한 목적의 전세버스로도 사용되고 있다. 대형버스의 엔진은 엔진의 배기량이 매우 높은 엔진을 사용하고 있다[8].

### 2.2 대형버스의 종류 및 제원

국내에서 생산되는 대형버스의 엔진은 디젤엔진과 CNG 엔진을 장착한 도시형, 시내좌석, 자가용, 시외직행, 마을버스, 전세버스나 관광버스 등으로 나누어진다. 최근의 대형버스의 엔진은 친환경과 연비 및 출력 향상을 위한 엔진을 꾸준히 개발하고 있다[9].

Fig.1은 실제 도로에서 운행하는 대형버스 엔진의 사례를 보여주는 것이며, 대형디젤엔진과 압축천연가스엔진(Compressed natural gas engine;CNG)을 보여주는 것이다[10].

Table.1은 국내 자동차 제작사에서 생산된 대형버스의 제원을 보여주는 것이다.

Table. 1 Specification example of a large bus[10]

Model \ Item		Diesel engine	CNG - Engine
전장(mm)		10,955	10,955
전폭(mm)		2,490	2,490
전고(mm)		3,180	3,180
축거(mm)		5,400	5,400
윤거 (mm)	전 (mm)	2,010	2,010
	후 (mm)	1,860	1,860
최소회전반경 (m)		8.9	8.9
연료탱크(liter)		300	876
흡기형식		터보 인터쿨러	터보 인터쿨러
배기량(liter)		10	11.7
Maximum Power(PS)		310	290
Maximum Torque (kg · m)		120	120



a) Schematic of a large diesel engine



b) Schematic of compressed natural gas engine



a) Rear part of bus produced fire



b) Acoustic absorbent installing part of engine room



c) Engine room of bus

Fig. 1. Example of a large bus engine.

### III. 대형버스 자동차 화재 관련사례

#### 3.1 버스 운행중 엔진룸 상단 흡음재 이탈로 엔진열에 의한 화재 사례

##### 3.1.1 현상

버스 운행중 자동차의 뒤쪽 엔진룸부에서 화재가 발생하였다.

##### 3.1.2 분석

자동차가 운행중 엔진룸부에서 화재가 발생하였으며, 화재가 발견되었을 때 가스에 의한 연소 불꽃이 외부에서 확인되었다. 즉, 엔진 룸 내부가 이미 화재가 많이 진행이 된 상태였다. 화재발견후 즉시, 고압밸브를 차단하여 화재가 진화되었다.

화재에 대한 원인을 조사 분석한 결과, 이 자동차는 엔진룸 상단에 부착된 흡음재가 노후되어 떨어지면서 엔진쪽에 화재를 발생시킨 것으로 확인되었다. 일반적으로 흡음재는 엔진이 작동할 때 작동 진동을 최소화시키기 위하여 엔진룸 도어를 열면 도어부에 장착된다. 즉, 이러한 흡음재는 엔진룸에 있는 엔진의 작동 소음을 흡수하기 위하여 부착하는 소재이다. Fig.2는 엔진룸에서 화재가 발생한 사례를 보여주는 것이다.

##### 3.1.3 고찰

버스의 엔진룸은 운전자가 앞에 위치하고, 엔진룸의 위치는 뒤쪽에 위치되어 있음으로 인해 초기

Fig. 2. Fire example of engine room.

에 화재가 발생하였을 때 바로 조치하기가 어렵다. 따라서, 항상 수시로 엔진의 관련부품의 상태와 화재의 위험성을 예측하여 철저하게 점검하여야 한다.

### 3.2 운행중 엔진배선단락 화재사례

#### 3.2.1 현상

버스를 운행중 자동차의 뒤쪽 엔진룸부에서 화재가 발생하였다.

#### 3.2.2 분석

이 차량은 시내를 운행하던 CNG 버스로 화재가 발생한 것을 확인하고 소화하려 하였으나, 화재가 빠르게 확산되어 화재진압이 어려웠다. 이 차량의 화재는 배선의 전기적인 단락에 의해 발생된 것으로 확인되었다. 엔진의 메인 와이어링부인 엔진 후방측이 엔진의 전방측 상단보다 열손상이 적은 것으로 볼 때 최초 발화점은 컴프레서 상단부로 추정할 수 있다. 즉, 컴프레서 상단부의 부하로 인해 전기적인 단락이 생겨 화재가 발생한 것으로 추정하였다. Fig.3은 엔진의 와이어링 단락에 의해 발생된 화재사례이다.



a) Fire example of CNG bus engine



b) Main wiring part of engine rear side

Fig. 3. Fire example produced by engine wiring.

#### 3.2.3 고찰

자동차의 각 부위에 전기를 공급하는 배선의 단락현상(short phenomenon) 발생으로 인한 화재는 매우 위험하다. 특히, 전기의 사용량이 많은 버스의 경우 버스의 엔진룸은 수시로 점검하여 화재 발생을 미연에 방지하도록 하여야 한다.

### 3.3 노후된 흡음재가 머플러에 떨어져 화재가 발생된 사례

#### 3.3.1 현상

운전자가 운전중 머플러 상단에 부착된 흡음재가 떨어져 화재가 발생하였다.

#### 3.3.2 분석

대형자동차의 자동차 엔진이 작동할 때 배기가스가 배출되는 배기부의 온도는 매우 높다. 특히



a) Acoustic absorbent material attached exhaust manifold upper part



b) Bellows attached exhaust manifold outer side

Fig. 4. Fire example by breakaway of acoustic absorbent material.

고속으로 운전할 때는 온도가 더 높다.

버스는 대형 엔진으로 고부하가 반복되고, 엔진의 출력이 크다, 따라서, 실내로 엔진 및 머플러의 소음유입을 최소화하기 위해 흡음재(acoustic absorbent)를 부착하여 진동, 소음을 최소화 시켜준다. 그러나 차량이 노후되어 내구성이 떨어지거나 부착된 흡음재가 손상되어 이탈되면 화재의 위험성에 노출될 수 있다. 이 자동차는 머플러 상단에 부착된 흡음재가 정비불량과 내구성의 약화로 인해 부착부에서 떨어져 머플러와 배기 매니폴드에 연결되는 자바라부 상단에 떨어져 배기 머플러의 열에 의해 가열되면서 화재가 발생된 것으로 확인되었다. Fig.4는 배기 머플러의 상단에서 이탈된 흡음재가 이탈하면서 배기 머플러에서 발생한 열에 의해 화재가 발생된 사례이다.

### 3.3.3. 고찰

화재의 원인이 될 수 있는 위치에 있는 자동차 엔진의 진동과 소음을 방지하는 역할을 하는 흡음재는 수시로 점검하도록 하여 화재 위험을 최소화하여야 한다.

## 3.4 버스의 크래시 보디부의 전기적인 단락에 의한 화재사례

### 3.4.1 현상

운전자가 버스의 시동을 켜고 잠시 쉬고 있던 중 화재가 발생하였다.

### 3.4.2 분석

버스를 운행하다 시동을 켜 놓고 휴식을 취하던 중 버스에서 화재가 발생하였다. 이 자동차의 경우 화재가 발생하였을 때 운전자가 소화기를 사용하여 소화하려 하였으나 화재가 급속하게 확대되었다. 화재로 인해 버스 좌석의 전방, 후방 승객석 및 루프도 소실되었다. 버스의 실내 내장품은 순식간에 완전히 다 타버렸다. 화재 원인은 운전자의 진술에 의하면 크래쉬 보디(crash body)부에서 최초로 발생된 것으로 추정되며, 여러 가지 화재 상황을 분석 종합하여 볼 때 운전석 우측 크래쉬 보디부에 정션 박스내에서 전기전인 쇼트가 발생하여 화재가 발생된 것으로 추정되었다. Fig.5는 전기적인 단락에 의해 크래쉬 보디에 화재가 발생한 사례이다.

### 3.4.3. 고찰

자동차 화재의 원인이 되는 전기적인 단락이나 단선 등에 의한 현상을 철저하게 점검하여 화재 발생을 최소화하여야 한다. 특히, 버스와 같은 대형



a) Fire producing example of driver seat right side



b) Crash body part fired fully

Fig. 5. Crash body part fire example by electric short.

차량의 경우 전기적인 화재가 발생할 경우 화재에 의한 피해가 클 수가 있으므로 철저하게 관리하여 피해를 최소화하도록 하여야 한다.

## IV. 결론

대형버스의 화재에 관련된 고장사례를 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 첫번째 사례의 원인은 엔진룸 상단에 부착된 흡음재가 노후되어 떨어지면서 엔진쪽에 화재를 발생시킨 것으로 확인되었다.
- 2) 두번째 사례의 원인은 컴프레서 상단부의 부하로 인해 전기적인 단락에 의해 화재가 발생한 것으로 확인되었다..
- 3) 세번째 사례의 원인은 이 자동차는 머플러 상단에 부착된 흡음재가 떨어져 머플러와 배기 매니폴드에 연결되는 가열된 벨로우즈부에서 화재가 발생된 것으로 확인되었다.

4) 네번째 사례의 원인은 운전석 우측 크래쉬 보디부의 정션 박스내에서 전기전인 쇼트가 발생하여 화재가 발생된 것으로 확인되었다.

## REFERENCES

- [1] Thomas M. De Santis, Charles T. Adams, Louis Molnar., et al, "Motor Vehicle Fire Investigation", *SAE paper*, 2008-01-0555
- [2] Suzanne Smyth, Scott Dillon, "Common Cause of Bus Fires", *SAE paper*, 2012-01-0989
- [3] Lee, I. K., Kook C. H., Suh M. W., et al., "Study for Fire Examples of LPG Leakage Including Fuel Hose, Injector and Pressure Regulator Connector in Vehicle", *KIGAS*, 17(3), 8-13, (2013)
- [4] Lee, I. K., Kim, Y. G., et al., "Study of Fire Examples Electrical Wire Short and Insulated Coating Melting by Heating Including Automotive Engine Room", *KIGAS*, 17(6), 15-19, (2013)
- [5] Han, J. O., Ham, S. H., Lim, H. Y., and Lee, I. K., "A Study For Example of Fire Including with Combustible Substance and Electrical Overload in Automotive Inside Room", *KIGAS*, 18(3), 38-43, (2014)
- [6] Lee, I. K., et al., "Fire Examples Study of Intake and and Exhaust System, Alternator Tuning and Inflow of Inflammables on Exhaust Part in a Car", *KIGAS*, 18(5), 47-51, (2014)
- [7] Lee, I. K., Moon, H. H., et al., "Study for Examples of Fire Including Friction with Automotive Clutch, Manual Transmission and Tire System", *KIGAS*, 19(3), 49-53, (2015)
- [8] <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%B2%84%EC%8A%A4>
- [9] Hyundai and Kia motors company, "General Technology of Commercial Vehicle", (2010)
- [10] Hyundai Motor company, "Catalogue of Heavy Bus", (2016)