자동차 에어백의 제어부품 불량에 의한 고장현상 및 후방 추돌에 관련된 에어백 미전개에 대한 사례 연구

†이일권 · 김영규* · 문학훈**

대림대학교 자동차공학과 · *한국가스안전공사

(2012년 10월 30일 투고, 2012년 12월 27일 수정, 2012년 12월 27일 채택)

Study of Examples for Air Bag Non-deployment Including Rear Collision and Failure Phenomenon by Damage of Control Parts in Vehicle Air Bag

† Il Kwon Lee · Young Gyu Kim* · Hak Hook Moon**

Department of Automotive Engineering, Daelim University College,

*Korea Gas Safety Corporation,

**Department of Automotive Engineering, Osan University

(Received October 30, 2012; Revised December 27, 2012; Accepted December 27, 2012)

요약

이 논문의 목적은 현장에서 발생하는 자동차 에어백 시스템의 고장사례를 모아 분석하고 연구하는 것이다. 첫 번째 사례에서는 에어백 시스템의 클럭 스프링과 에어백 모듈 사이 배선 핀의 납땜부가 이탈되어, 배선 접촉불량에 의해 핀이 흔들릴 때마다 에어백의 작동불량 현상이 발생되는 것을 확인하였다. 두 번째 사례에서는 에어백 컴퓨터 내부의 단품 소자의 손상으로 인해 에어백 작동불량 현상이 발생된 것을 확인하였다. 세 번째 사례에서는 조수석 시트 벨트 프리텐셔너(pre-tensioner)의 내부 핀과 저항을 연결해 주는 납땜부 이탈로 인해 에어백 경고등이 점등된 것을 확인하였다. 네 번째 사례에서는 승용자동차가 화물자동차의 후면을 추돌하였을 때 때 범퍼는 상대편 차량보다 낮아 아래로 끼어들게 된다. 이 때 사고의 충격은 차량의 프레임부분에 전달되지 않기 때문에 충격센서가 설치된 프레임부분에 충격이 적게 전달되어 에어백이 작동하지 않은 것을 확인하였다.

Abstract - The purpose of this paper is to study the failure cases in relation to system of Air Bag in vehicle happened in the field. In the first example, it was separated the soldering parts connected the wire pin between air bag module and clock spring of air bag. Whenever the pin shake by the car's vibration, the driver verified the malfunction phenomenon appeared air bag warning lamp on instrument panel in front of driver's seat. in car inside room. The second example, it verified the warning lamp lighting phenomenon of air bag by produced the circuit plate non-contacting of single an element in air bag electronic control unit. The third example, it verified the light of air bag warning indicator lamp by separated with soldering parts connecting inner pin and resistance terminal of seat belt pretensioner using passenger seat. The fourth example, when the passenger car crash a back of truck, the former bumper get jammed under the latter as the roof height of car low less than that. Therefore, the impact of Car's collision verified that don't transfer with body frame of vehicle because of no attachment impact sensor in it.

Key words : Air-bag system, Clock spring, ECU, Warning lamp, pre-tensioner, Collision

†Corresponding author: iklee@daelim.ac.kr

Copyright © 2012 by The Korean Institute of Gas

I. 서 론

자동차 기술의 융합화는 다양한 자동차기술의 발전과 아울러 관련산업의 파급효과가 매우 크다. 이러한 기술 발전을 위해 다양한 연구가 되고 있다. 이러한 연구 가운데 하나가 자동차에 타고 있는 운전자와 탑승자를 보호하는 것은 매우 중요하다. 따라서, 자동차에 부착된 자동차 안전대책 기술을 위해 자동차에 장착된 시스템의 하나가 에어백 시스템(air bag system)이다. 초기 에어백에 대한 연구는 관성릴(inertia reel)의 개선된 벨트와 에어백 보호시스템(air bag restraint system)을 광범위하게 연구하였으며, 생체역학적인(biomechanical) 개념에서 접근하였다[1]. 그러나 실제로 1970년경에는 자동차 안전에 대한 소비자의 안전의식부족과 에어백 설치에 대한 무관심으로 인해 에어백의 필요성이 절실하지 않았다. 이에 미국의 자동차 메이커와 국가고속도로 교통안전국(national highway traffic safety administration ; NHTSA)은 에어백에 대한 공공의 지지를 받는 데 어려움이 많아, 이에 대한 해결방법으로 자동차에 에어백을 일정량에 대하여 설치하는 것으로 제도화하였다[2].

에어백 시스템은 초기에는 운전을 하는 운전자를 보호하기 위해 운전석에만 설치되었고, 이후 조수석에 앉아 있는 승객을 보호하기 위해 대쉬 패널(dash panel)내장 접이식 에어백을 개발하였다[3]. 1985년 미국의 국가교통안전국(NHTSA)은 소형승용차의 탑승자를 위해 연방자동차안전표준(Federal Motor Vehicle Safety Standards ; FMVSS)에 의해 정해진 30mph의 속도나 그 이상의 속도에서 충돌의 심각성을 확인하기 위해 에어백을 장착하여 시험한 논문을 발표하였다[4]. 이러한 에어백의 개발은 컴퓨터에 의한 시뮬레이션(simulation)을 이용하는 유한요소법(finite element method)을 이용하여 개발하여 왔다[5]. 에어백 충돌 센서에 대한 연구논문도 발표되었다[6]. 또한, 승용차에 장착된 에어백의 전개(deployment)와 관련하여 탑승자의 팔(upper extremity)부위를 다치는 사례에 대한 연구결과도 발표되었다[7]. 에어백이 전개될 때의 전개압력 분포에 대한 연구논문도 발표되었다[8].

최근에는 기존 시스템보다 더 승객의 안전을 위해 커튼(curtain) 에어백[9], 운전자 무릎에어백[10], 루프(roof) 에어백으로 확대되어 설치되는 추세이다. 이러한 시스템으로 인해 운전자의 안전에는 좀 더 유리함을 추구하고 있다.

또한, 차량의 충격을 감소시켜 운전자를 보호하기 위한 대책으로 엔진후드(engine hood) 에어백, 범퍼(bumper) 에어백 등 계속적으로 새로운 에어백이 개

발되고 있다. 이러한 에어백이 초기에 적용함에 있어 자동차가 장애물과 충돌하였을 때 에어백이 전개와 비전개에 의한 논란으로 인해 에어백 설치에 대한 문제점으로 나타났다. 에어백이 전개되어야 할 때 전개되지 않고, 전개되지 말아야 할 때 전개되어 오히려 탑승자의 안전을 저해한다는 반론도 많았다. 그러나 이러한 반론은 에어백 설치로 인해 대형사고나 에어백 작동조건에서의 전개로 인해 운전자의 안전사고를 예방하는 효과가 크다는 연구결과도 발표되었다[11].

에어백은 보조 구속장치(supplement restraint system)로서 차량이 충돌할 때 센서로부터 차체 충격 펄스를 감지하여 이 신호를 컴퓨터에서 받아 에어백을 작동시키며, 시스템의 효과를 최대화하기 위해서는 시트 및 스티어링 휠을 정확한 위치로 조정하고 에어백은 반드시 안전벨트(safety belt)를 착용한 상태에서 에어백이 전개되어야 만 에어백의 효과를 극대화할 수 있기 때문에 운행할 때는 반드시 시트 벨트를 착용해야만 한다[12,13]. 그렇지 않을 때에는 오히려 에어백이 전개되었을 때 부풀어진 백에 의해 찰과상, 화상이나 안경을 썼을 때에는 안경케임과 함께 눈을 다칠 수 있다. 또한, 부풀어진 에어백에 의해 호흡곤란 현상을 일으켜 부상당할 수 있기 때문에 에어백은 시트벨트를 반드시 착용하여야 한다. 이러한 시트벨트에는 시트벨트 프리텐서너(pre-tensioner)를 장착하여 에어백 시스템이 터질 때 몸이 앞으로 전진해 터진 에어백에 부딪히지 않도록 시트쪽으로 고정하여 주는 작용을 한다.

따라서, 이 논문은 운전자의 안전을 극대화하기 위해 사용하는 에어백 시스템이 관련부품의 불량으로 경고등이 점등되거나 실제의 자동차에서 발생한 고장 사례를 수집하여 조사하고 이를 분석하여 이에 대한 개선 및 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 이론적 배경

2.1. 제어시스템의 개요

에어백은 강한 충격을 차량 전방이나 측면 또는 차량의 하부로부터 받은 경우에 팽창해 운전자 또는 동승석 탑승자의 안면이나 상체의 충격을 완화시켜 주는 장치이다[14,15,16]. 에어백 작동에 의한 탑승자 보호효과는 탑승자가 안전벨트를 착용하여 안전벨트에 고정되었을 때는 효과가 발휘되기 때문에 안전보조장치라고 한다[17]. Fig.1은 전개된 에어백의 형태를 보여주는 것이다.

Fig. 1. Shape of air-bag deployment.

2.2. 에어백 구성요소

에어백은 에어백 모듈, 에어백 전자제어 컴퓨터(electronic control unit; ECU)와 에어백 모듈(module) 사이를 연결하는 클럭 스프링(clock spring), 자동차가 충돌하여 에어백이 작동할 때 안전벨트의 느슨한 부분을 되감아 충돌로 인하여 움직임이 심해질 때 승객을 확실히 시트에 고정시키는 시트벨트 프리텐서너, 에어백을 제어하는 에어백 ECU, 차량의 충돌상태 즉 가속도(acceleration) 또는 감속도(deceleration)값을 산출하는 충격감지 센서(impact detection sensor), 에어백과 모듈을 연결하는 와이어링(wiring) 등으로 구성되어 있다[18].

III. 에어백 시스템의 고장사례 분석

3.1. 측정

Fig.2는 튠업(engine tune-up)테스터기를 이용하여 자동차 에어백의 고장여부를 측정하는 예를 보여주는 것이다. 이 시험장비는 국내에서 생산된 차량의 전자제어 시스템을 진단하고 이를 고장코드로 출력되게 하는 장비이다[19].

3.2. 현상 및 고찰

3.2.1. 에어백 모듈과 클럭스프링 핀의 접촉불량에 의한 경고등 점등사례

1) 현상

운전자가 차량을 운전하는 동안 자동차 계기판에 에어백 경고등이 간헐적으로 점등되는 현상이 발생하였다.

2) 분석

튠업 테스터 장비를 이용하여 점검하였을 때 “운전석 에어백의 저항과다”라는 고장코드가 점등되었으

Fig. 2. Failure measurement of Air-bag using tune-up tester.

며, 경고등이 소등된 다음 3-4일이 경과한 다음 동일한 현상이 발생되었다. 시스템을 점검한 다음, 클럭 스프링과 에어백 모듈 사이의 커넥터 핀을 흔들어 확인한 결과 클럭 스프링과 에어백 모듈 사이 배선의 접촉불량에 의한 것으로 확인되었다. Fig.3은 클럭 스프링과 에어백 모듈 사이의 배선에 대한 수정작업 사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

이 사례는 클럭 스프링과 에어백 모듈 사이의 배선을 수정하여 핀 내부에 배선을 집어넣고 납땀한 다음 조립하여 핀이 흔들릴 때의 접촉불량을 사전에 방지하는 조치를 취함으로써 고장이 제거되었으며, 단품의 불량보다는 배선의 접촉불량에 의한 고장이 더 많을 것이라 판단된다.

3.2.2. 에어백 ECU 내부불량으로 경고등 점등사례

1) 현상

운전자가 자동차의 시동을 걸고 출발할 때 에어백 경고등이 계속 점등되는 현상이 발생되었다.

2) 분석

이 차량은 850km 정도를 주행한 차량으로 운전중에 에어백 경고등이 계속 점등되었다. 자기 진단기를 이용하여 진단한 결과 진단 코드를 확인할 수 있었다. 조수석 에어백 접지, 조수석 에어백 저항과대라는 고장 코드를 확인할 수 있었다. 이 사례는 배선의 단선상태정상, 단품의 저항값도 정상으로 출력(display)되었으나 확인한 결과 엔진 컴퓨터 내부의 회로 소자의 불량으로 확인되었다. Fig.4는 에어백 컴퓨터의 장착 사례를 보여주는 것이다.

Fig. 3. Wiring repair example of clock spring and air-bag module.

Fig. 4. Installing example of air bag ECU.

3) 고찰

에어백은 전류를 직접 부품에 통하게 하면 에어백이 전개될 수 있으므로 에어백 컴퓨터의 시스템이 연결된 상태에서는 테스트 등을 이용하여 에어백의 저항을 측정하지 않도록 주의해야만 에어백이 터져 충격으로 인해 안전사고를 방지할 수 있다.

3.2.3. 에어백 클럭스프링 커넥터 납땜부 이탈로 인한 경고등 점등사례

1) 현상

운전자가 차량을 운행할 때 간헐적으로 에어백 경고등이 점등되었다.

2) 분석

이 자동차는 1,980km 운행한 차량으로 시운전을 할 결과 운행시 요철도로를 지날때나 선회를 할 때 간헐적으로 에어백 경고등의 점등되었다. 자동차 자기진단기를 이용하여 점검한 결과 '조수석 시트 벨트 조임

Fig. 5. Soldering damage example of connector in seat-belt pre-tensioner.

기 저항과대 검출'이라는 진단코드를 확인할 수 있었다. Fig.5는 에어백과 관련된 커넥터의 납땜부 불량 사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

관련부위 커넥터 및 센서를 점검하였을 때 이상부위를 확인할 수 없었으며 운전자의 설명에 따라 고장부위를 추정하였으며 커넥터의 접촉성 및 모듈 내부의 회로판의 접촉성에 비중을 두고 점검을 실시한 결과 고장현상을 확인할 수 있었다.

3.2.4. 후방 추돌로 인한 에어백 미전개 사례

1) 현상

이 자동차는 운전자가 운전하는 동안에 대형화물 차량의 뒤쪽과 추돌하여 사고가 났으며 에어백이 미전개되는 현상이 발생되었다.

2) 분석

이 차량은 운전중 화물차의 후방과 추돌하였으며 에어백이 미전개 되었다. 일반적으로 에어백의 전개 조건은 자동차가 충돌하였을 때 충돌이 발생된 부위와 관련되어 에어백이 전개된다.

승용자동차가 화물자동차 등의 후면을 추돌하였을 때, 자동차가 전복되거나 구르는 등의 사고가 발생하였을 때, 저속으로 전봇대나 나무와 같은 물체 등에 충돌하여 강한 충격치가 전달되지 않는 충돌시에는 에어백은 작동되지 않을 수 있다. Fig.6은 화물 자동차의 뒷부분을 추돌하여 사고가 발생하였으나 에어백이 터지지 않은 사례를 보여주는 것이다.

3) 고찰

에어백 장치는 충돌센서, 컴퓨터, 에어백 공기주머니인 모듈 등 3개의 요소로 구성되어 있다. 이러한 시스템은 인명을 보호하는 중요한 장치로 매우 정교하고 신뢰성 높게 제작되어야 한다. 또한, 고장내용은 항상 확인할 수 있도록 시스템이 효과적으로 구성되어

Fig. 6. Non-deployment example of air-bag by a rear-end collision with a truck.

있어야 하며, 사고가 발생하였을 때 사람의 인명을 보호하기 위한 시스템으로 철저한 제품관리와 품질확보가 우선되어야 할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

자동차 에어백의 고장사례를 사례별로 분석하고 이를 고찰하여 봄으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 클럭스프링과 에어백 모듈 사이의 배선 핀의 납땜부가 이탈되어 핀이 흔들릴 때마다 배선 접촉불량에 의해 에어백의 작동불량 현상이 발생하는 것을 확인하였다.
- 2) 에어백 컴퓨터 내부의 단품 소자의 손상으로 인해 에어백 작동불량 현상이 발생된 것을 확인하였다.
- 3) 조수석 시트 벨트 텐서너(pre-tensioner)의 내부 핀과 저항을 연결해 주는 납땜부 이탈로 인해 경고등이 점등된 것을 확인되었다.
- 4) 승용자동차가 화물자동차등의 후면을 추돌하여 범퍼가 상대편 차량보다 낮아 아래로 끼어, 충격이 승용차의 프레임부분에 전달되지 않아 에어백이 전개되지 않은 것을 확인하였다.

참고문헌

[1] Richard G. Snyder, Joseph W. Young and Clyde C. Snow, "Experimental Impact protection With advanced Automotive Restraint System : Preliminary primate Tests With Air Bag and Inertia Reel/Inverted - Y Yoke Torso harness", SAE paper 670922

[2] Lowell Dodge, "A Consumer Case for the Air Bag

and the Problem of Public Acceptance", SAE paper 720427

[3] Norris E. Shoemaker and David J. Biss, "The Development of an Air Bag on Collapsible Dashboard Restraint Occupants", SAE paper 740576

[4] John B. Morris, "Air Bag for Small Cars", SAE paper 851200

[5] V. Lakshminarayan and David Lasry, "Finite Element Simulation of Driver Folded Air Bag Deployment", SAE paper 912904

[6] David S. Breed, W. Thomas Sanders and Vittorio Castelli, "Performance of a Crush Sensor for use with Automotive Air Bag Systems", SAE paper 920122

[7] Donald F. Huelke, Jamie L. Moore, Timothy W. Compton, et al., "Upper Extremity Injuries Related to Air Bag Deployment", SAE paper 940716

[8] Gregory S. Bayley, Daniel Handman and Chienhom Lee, et al., "Experimental Measurements of Deploying pressure Distribution on a Passenger-Side Air Bag Door", SAE paper 950339

[9] June-Young Song, KangWook Lee and Byung-Jae Ahn, "Simplified Models for Optimization of Curtain Air Bag for Us NCPA", SAE paper 2011-01-0013

[10] Satoshi Sakai, Tomomi Ide, "Development of Instrument Panel with Driver's Knee Air Bag", SAE paper 2003-01-2796

[11] D. Otte, "Review of the Air Bag Effectiveness in Real Life Accident Demands Positioning and Optical for Deployment of Air Bag Systems", SAE paper 952707

[12] Robert H. Munson and Joseph C. Marsh, "Air Bag Supplement Restraint System: Progress to Date and Future Challenges", SAE paper 912588

[13] Harold J. Mertz, James E. Williamson and Donald A. Vander Lugt, "The Effect of Limiting Shoulder Belt Load with Air Bag Restraint", SAE paper 950886

[14] Maintenance manual of Hyundai Motors, (2012)

[15] Maintenance manual of Kia Motors, (2012)

[16] Maintenance manual of GM Daewoo Motor, (2012)

[17] Hyundai Motor, "Owner's Manual", (2012)

[18] Hyundai Motor, "Shop Manual-Air Bag", (2001)

[19] Il Kwon Lee, et al., "Automotive Failure Diagnosis", SunHak, (2002)