

후방추돌평가 시험을 위한 가상환경 시나리오 개발연구

백우경* · 김배영* · 김시우** · 정충민* · 송종원* · 서명원***

A study on scenario in virtual environment for test about rear-end collision

Wookyung Baik*, Baeyoung Kim*, Siwoo Kim**, Choongmin Jung*,
Jongwon Song*, Myungwon Suh***

Key Words : Rear-end collision(후방추돌), Scenario(시나리오), Re-LVM(선행차량 이동 중 후방추돌), Re-LVS(선행 차량 정지 중 후방추돌), Virtual vehicle experiment(가상환경차량시험), Vehicle experiment(실차시험)

ABSTRACT

Vehicle safety device such as active headrest and rear detection system has been developing as people are interested about rear end collision more than head on or than front. However, there is no any standard or criterion in order to evaluate vehicle safety device for rear end collision. Also there is no test protocol about rear end collision in vehicle experiment. Therefore, this research developed scenario for experiment about rear end collision in vehicle experiment. Also this research evaluated dangerousness about vehicle test and fitness about re-enacting rear end collision using scenario developed using commercial software (PC-Crash) which can re-enact vehicle collision in virtual vehicle experiment. Scenario developed according to statistics from National Highway Traffic Safety Administration and German In-Depth Accident Study. Scenario has twelve cases which composed of Re-LVS (Rear end Leading Vehicle Stop), Re-LVM (Rear end Lead Vehicle Moving) and scenario for evaluation about malfunction of active headrest.

1. 서론

최근 국내 자동차 추돌사고의 통계자료⁽¹⁾에 의하면, 후방추돌이 차지하는 사고 빈도가 지난 10여년간 줄어들지 않고 있음을 알 수 있다. 특히 후방추돌에 의한 사상자가 전체의 34% 정도로 비중이 높은 것으로 조사되었다. 에어백, 사이드 에어백, 시트 벨트 등 이미 승객을 보호하기 위한 안전장치들의 개발이 이루어진 상태지만, 이는 대개 자동차의 전방추돌 혹은 측면추

돌에 의한 신체 상해를 줄이기 위한 장치이다. 따라서 후방추돌에 의한 사상자 및 부상자를 감소시킬 수 있는 후방추돌용 안전장치의 개발이 시급한 상황이다. 이에 따라 최근 자동차 업계에서는 능동형 머리지지대나 후방감지센서와 같은 후방추돌용 첨단 안전장치의 개발이 활발하게 진행 되고 있는 추세이다. 그러나 이와 같은 후방추돌용 첨단 안전장치를 평가할 수 있는 기준이 명확하지 않으며 그 평가 방법 또한 제대로 갖추어 지지 않은 실정이다. 특히 후방추돌용 첨단 안전장치를 평가하기 위해서는 실제 도로 주행 시 일어날 수 있는 다양한 후방추돌 상황을 모사할 수 있는 후방추돌 시나리오에 대한 연구가 선행되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 다양한 도로 주행상황을 모사할 수 있는 시나리오를 개발하고자 한다. 개발된 시나리오는

* 성균관대학교 기계공학과 대학원

** 자동차성능연구소

*** 성균관대학교 기계공학부

* 백우경, E-mail: wookyung85@skku.edu

통계적으로 우위를 점하는 사고 유형에 따라 구성되었으며, 상용 프로그램인 PC-Crash를 이용해 가상환경에서도 평가하여 실차 시험 시 발생할 수 있는 위험도를 미리 예측하였다.

2. 후방추돌 시나리오의 개발

2.1 후방추돌 시나리오의 개념

후방추돌은 차량 추돌 시 관심이 앞차 (Leading vehicle, 이하 LV)인 추돌상황이다. 후방 추돌은 크게 두 가지 유형으로 분류한다. Fig. 1은 Rear end Lead Vehicle Stationary (이하 Re-LVS) 이며 뒤차 (Following vehicle, 이하 FV) 의 동작상황을 고려하지 않은 채 LV의 동작상황이 정지해 있는 상태에서 발생한 모든 후방추돌을 지칭한다.

Fig. 2는 Rear end Lead Vehicle Moving이며 FV의 동작상황은 고려하지 않은 채 LV의 동작상황이 움직이는 상태에서 발생한 모든 후방추돌을 지칭한다. 본 연구에서 개발 된 모든 후방추돌 시나리오는 위와 같은 두 가지 유형의 후방추돌을 다양한 상황에서 전개한 것이다.

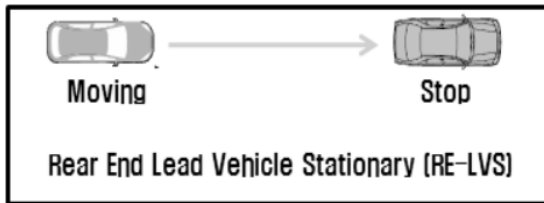


Fig. 1 Rear end Lead Vehicle Stationary

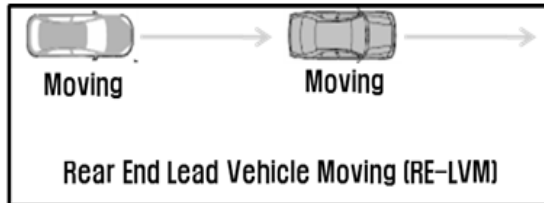


Fig. 2 Rear end Lead Vehicle Moving

2.1 후방추돌 시나리오 선정 기준

Ralf Bogenrieder 등⁽²⁾에 의하여 연구된 Pre safe in

rear end collision situation에 의하면 LV의 속도가 0km 즉, Re-LVS가 전체 후방추돌의 약 80%를 차지함을 나타내며 이는 Fig. 3 에 나타나있다. 또한 Najm. W G 등⁽³⁾에 의하여 연구된 Analysis of light vehicle crashes and pre crash scenarios based on the 2000 general estimates system에 의하면 Re-LVS가 전체 후방추돌 중 가장 많은 부분을 차지하는 것을 알 수 있으며 Fig. 4에 나타났다. 이처럼 본 연구에서 시나리오를 선정하는 기준은 통계자료를 참조하여 가장 일반적이며, 가장 빈도수가 높은 사고유형을 분석하여 반영하였다. 또한 실제 차량 시험에서 구현해야 하는 시나리오 이므로, 가상 추돌 시뮬레이션 프로그램을 이용하여, 각 시나리오의 위험성을 예측하여 판단하고, 구현 시 적합도를 파악해야 한다.

Cumulative frequency of the target vehicle velocity in rear end collisions (primary impact, n = 2533)

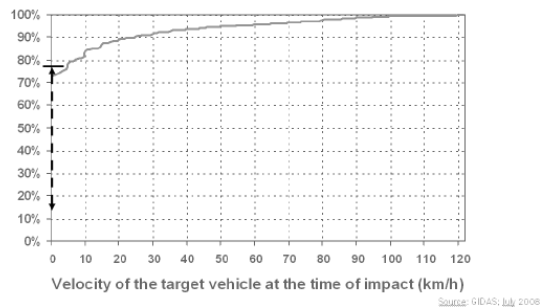
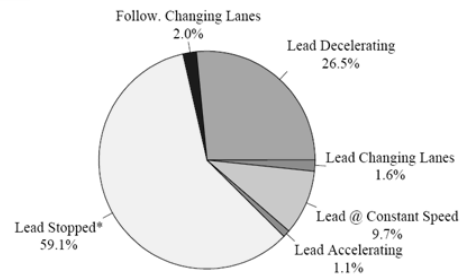


Fig. 3 Cumulative frequency of the target vehicle velocity in rear end collision (Primary impact, n = 2533)



*: Lead vehicle just decelerated and stopped in 51.7% of lead vehicle stopped crashes.

Fig. 4 type of rear end collision

향후 각 시나리오에 대해 추돌 시 인체 상해치 (예: 목 상해치)를 정량화 시키기 위해 일반적으로 실시하는 후방추돌 시험의 추돌 시 상대속도인 16km/h를 시

나리오에도 적용할 예정이다.

2.3 후방추돌 시나리오의 종류

개발된 후방추돌 시나리오는 크게 두 분류로 나눌 수 있다. 첫 번째는 대표적인 후방추돌 시나리오로서, 총 8가지의 시나리오를 개발하였다. 두 번째는 센서 오작동 확인 시나리오로서 총 4가지의 시나리오가 개발이 완료되었다.

센서 오작동 확인 시나리오란 첨단 후방추돌 안전 장치 중 가장 대표적인 장치인 능동형 머리지지대의 평가에 특화된 시나리오이다. 능동형 머리지지대가 TTC를 센싱하여 추돌 상황임을 판단하고 작동을 했

으나, 실제로는 추돌이 일어나지 않는 상황을 시나리오로 만들어 평가하기 위한 것이다.

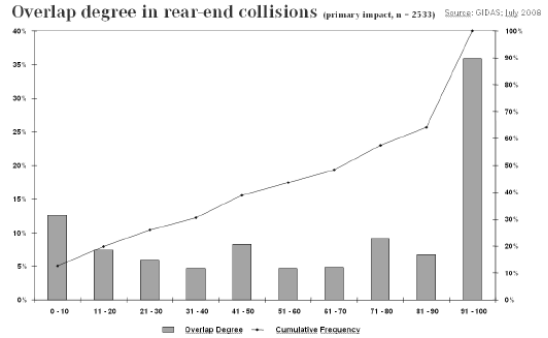


Fig. 5 Overlap degree in rear end collisions

Table 1 Type of rear end collision scenario

Type	Cause	case	Description
Re-LVS on straight way	-The greatest occurrence of rear end is in more than 90% of overlap degree -RE-LVS is about 72% of rear end collision	1	FV const
		2	FV decel
Re-LVM on straight way	-In case that LV is constant speed is about 50% of rear end collision -In case that LV is decelerating is 25% of rear end collision	3	LV const FV const
		4	LV const FV decel
		5	LV decel FV const
		6	LV decel FV decel
Others	-Consideration of other situation	7	LV lane change
		8	LV left turn on straight lane in junction
scenario for verifying malfunction of sensor in safety device for rear end collision	-Consideration of verifying malfunction of sensor in safety device in case that rear end is not occur	9	LV acc in RE-LVS
		10	LV acc Re-LVM
		11	LV lane change in Re-LVM
		12	FV lane change in Re-LVM

Table 1은 본 연구를 통해 개발된 모든 종류의 시나리오를 나타낸다. 앞서 후방추돌의 선정기준에서 밝힌 바와 같이 각 시나리오의 선정 이유는 통계적으로 타 추돌 상황에 비해 우위를 선점하고 있기 때문이다. 일반적인 후방추돌 시나리오의 경우 크게 Re-LVS와 Re-LVM으로 나뉘어 진다. 각 상황은 공통적으로 직선도로에서 전개된다. Fig.5를 보면 후방추돌 시 오프셋 90% 이상이 가장 빈번한 후방추돌 상황임을 알 수 있기 때문이다. 또한 후방 추돌은 LV의 입장에서 FV가 추돌을 일으키는 것이므로 차량이 부딪히는 순간의 상황만 고려하는 것이 더욱 타당할 것이다. 시나리오 구성을 위한 인자는 추돌 시 차량의 거동이므로 LV, FV의 거동 조건에 따라 시나리오가 구분된다. 또 한 차선 변경이나, 좌회전 시 일어나는 후방추돌의 경우 전체 후방추돌에 비해 그 비율은 얼마 안되지만, 정 후방추돌을 제외하고는 가장 큰 비율을 차지하고 있기 때문에 예외 적인 추돌 상황으로서 시나리오에 포함하였다.

3. 가상환경에서의 구현

3.1 가상환경 후방추돌 시나리오의 개념

본 연구에서는 개발된 시나리오를 가상환경에서 구현하여 실차시험을 위한 적합도를 판단한다. 여기서 적합도란 개발된 시나리오를 실제 환경에서 적용할 때의 위험도를 예측하는 것이다. 또한 실제 차량을 이용한 시험 시 시험절차를 확정하고 그 기준을 만들기 위

해 가상환경에서 미리 평가한다. 각 시나리오는 가상 환경에서 구현하기 위한 변수들을 정의한다. 구현 시 필요한 인자는 차량의 속도, 감가속도, 차량간 초기 거리, 운전자의 인지반응시간 등이며 시나리오에서 제시한 인자는 실차시험에서 그대로 사용할 수 있도록 Ralf Bogenrieder 등의 Pre-safe in rear end collision situation, Wassim G naim 등⁽⁴⁾의 연구 등 여러 문헌 자료를 근거 삼아 설정하였다. 그 밖에 사고가 일어날 당시의 주위환경, 사고 관련 차량의 대수, 추돌지역에 대한 설명, 추돌 상황에 대한 설명 등 후방추돌이 일어나는 시점에서의 참고할 만한 외적인 조건들을 제시했다.

3.2 가상환경에서 구현한 후방추돌 시나리오

Fig. 6은 본 연구를 통해 개발된 12가지 경우의 후방추돌 시나리오 중 첫 번째 경우의 모델로서 Re-LVS의 대표적인 시나리오 모델이다. 가상환경 시나리오 인자 중 속도는 초기 속도를 의미하며 감가속도는 없다. 특히 실제 추돌시험의 경우 보통 추돌 시 상대속도를 16km/h로 정하기 때문에, 향 후 실차시험으로의 구현을 위해 추돌 시 상대속도를 확인할 수 있는 그래프를 시나리오에 추가 하였다.

Fig. 7은 본 연구를 통해 개발된 12가지 경우의 후방추돌 시나리오 중 네 번째 경우의 모델로서 Re-LVM의 대표적인 시나리오 모델이다. 가상환경 시나리오 인자 중 속도는 초기 속도를 의미하며 감가속도는 FV의 경우 $-6.54m/s^2$ 이다. 운전자는 급박한 상황에서는 중력가속도의 약 66%로 감속하고 일반적인 상황에서는 약 33%로 감속한다. 후방추돌 원인의 대부분이 운전자의 부주의 인 것을 근거로 Fig.7의 네 번째 경우의 운전자는 LV의 존재를 미처 파악하지 못한 채 접근하다 갑작스럽게 감속한 것으로 가정하였다. 따라서 차량의 감속도는 중력가속도의 약 66%로 하였다. Lag time의 경우 일반적으로 운전자가 브레이크를 밟은 순간부터 차량이 최대 감속도에 도달하는데 걸리는 평균 시간을 의미하며, 본 연구에서는 평균적인 0.2초로 선정하였다. 또한 차량의 감속도가 최대감속도가 되는 0.2초 동안 차량의 감속도는 선형으로 증가한다고 가정하였다. 위의 시나리오 역시 향 후 실차시험으로의 구현을 위해 추돌 시 상대속도는 16km/h이며 이를 확인할 수 있는 그래프를 시나리오에 추가 하였다.

Fig. 8은 본 연구를 통해 개발된 12가지 경우의 후

방추돌 시나리오 중 열 번째 경우의 모델로서 능동형 머리지지대의 오작동 확인을 목표로 하는 대표적인 시나리오 모델이다. 대표적 침단 후방추돌 안전장치인 능동형 머리지지대는 충돌이 일어나기 전 미리 예측하여 작동을 하게 된다. 만약 능동형 머리지지대가 추돌을 감지하고 갑작스럽게 앞으로 전개 되었는데 추돌이 일어나지 않는다면, 운전자는 위험한 상황에 놓일 수도 있다. 따라서 능동형 머리지지대의 경우 사고가 나지 않는 상황에서의 동작 유무를 평가해야 한다. 본 연구에서 개발한 센서오작동 확인시나리오는 일반적인 Re-LVM의 상황에서 LV를 가속시켜 추돌상황을 피하게 된다. 가속도는 $6m/s^2$ 로서 도로 주행 시 일반적인 차량이 내는 최대 가속도를 적용하였다. 이는 추돌 잠재상황을 파악한 LV의 운전자가 차량을 급 가속 시켜 추돌을 피하는 상황을 모사한 것이다. 본 연구에서는 이와 같은 센서오작동 확인시나리오를 네 가지 경우로 만들어 다양한 상황에서의 능동형머리지지대의 오작동 여부를 평가할 수 있다.

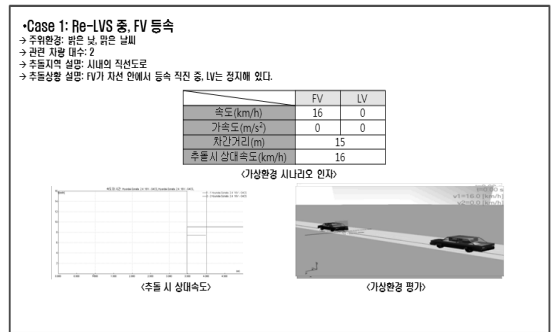


Fig. 6 Case 1 of rear end collision scenario

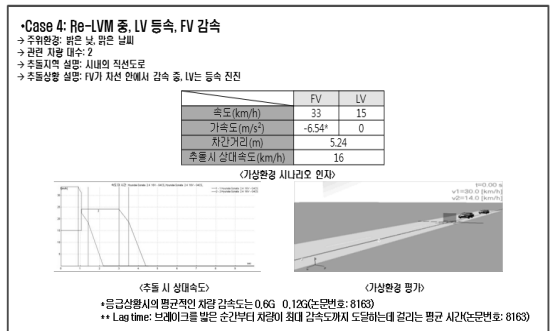


Fig. 7 Case 4 of rear end collision scenario

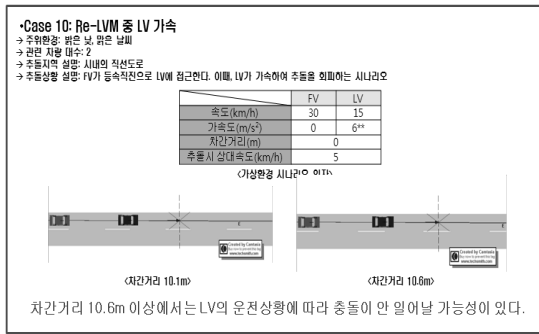


Fig. 8 Case 10 of rear end collision scenario

7. 결론

본 연구에서는 첨단 후방추돌 안전장치를 평가하기 위한 실차 시험용 후방추돌 시나리오 개발을 수행하였다. 시나리오는 도로에서 일어날 수 있는 가장 일반적인 상황을 모사했으며 추돌에 연관된 차량이 가질 수 있는 다양한 운전상태를 표현하였다. 향후 연구에서는 실제 도로 데이터를 시나리오 인자로 추가해 시나리오의 신뢰성을 높임과 동시에 가상환경평가 시 차량에 인체더미를 태워 각 시나리오 별로 운전자가 받을 수 있는 충격을 Database화 함으로서 향후 자동차의 첨단 후방추돌 안전장치 개발에 큰 도움을 줄 수 있을 것이라 예상된다.

참고문헌

- (1) 경찰청, “2011년판교통사고통계”, No.11-1320000-000011-10, 108, 2010
- (2) Ralf Bogenrider, Michael Fehring, and Roland

- Bachmann, 2009, “Pre-safe in rear-end collision situation”, National Highway Traffic Safety Administration annual report, No.09-0129, 2~3
- (3) Najm. W G, Sen. B, Smith. J D, and Campbell. B N, 2003, “ Analysis of light vehicle crashes and pre crash scenario based on the 2000 general estimates system, NHTSA TRID research report, 1~80
- (4) Wassim G. Najm, David L. Smith, 2007, “Definition of pre-crash scenario typology for vehicle safety research”, National Highway Traffic Safety Administration annual report, No.07-0412, 3~6
- (5) Ronald R. Knipling, Donald L. Hendricks, Joseph S. Koziol, John C. Allen, Louis Tijerina, and Cohn Wilson, “A front-end analysis of rear-end crashes”, Surface transportation and the information age. Preceedings of the IVHS America 1992 annual meeting, Vol. 2, No. 00629336, 2~5, 1992
- (6) Martin Distner, Mattias Bengtsson, Thomas Broberg, and Lotta Jacobsson, 2009, “City safety- a system addressing rear-end collision at low speeds”, Proceeding of the 21ST (ESV) international technical conference on the Enhanced Safety of Vehicles , held June 2009, Stuttgart, Germany, No.09-0371, 1~2
- (7) Daeyi Jung, Dohyun jung, Kihyun Moon, Changhyun Jeong, Kihan Noh, and Hyungjeon choi, 2008, “주행 안정성을 고려한 최악 시나리오 도출 및 적용”, 한국자동차공학회 한국자동차공학 회논문집 제 16권 제6호 (통권 96호), 1~9