◎ 논 문

http://dx.doi.org/10.22680/kasa2019.11.4.006

차 대 차 부분 정면충돌 시험의 MPDB compatibility 평가에 대한 연구

선홍열* · 윤일성** · 김재수* · 이만수***

A Study on MPDB Compatibility Assessment of Car to Car Offset Frontal Impact Test

Hongyul Sun*, Ilsung Yoon**, Jeasu Kim*, Mansu Lee***

Key Words : EuroNCAP(유러피언 신차 평가 프로그램), MPDB(이동식 진보형 변형 벽), Compatibility(호환성), Homogeneity (동질성), OLC(승객 하중 기준)

ABSTRACT

Since introducing the offset frontal impact test in EuroNCAP in 1997, the vehicle has been constantly changing according to its usage and purpose. As of 2019, many vehicles have been released to the public, which has led to a large structural mass difference between small, medium and large vehicles. Also, the geometry of the front of the vehicle is completely different for each vehicle and tends not to be perfectly aligned at frontal collisions. The difference in mass of each of these vehicles and less performing structures for offset crashes have led to dramatically worse outcome in a car to car offset frontal impact tests. Even though a decade later passenger cars have become much safer due to consumer test programs and regulatory requirements, the aggressiveness and compatibility that can cause damage to the opponent car in the event of car to car collision is not considered in the above-mentioned section, and therefore much improvement is needed. After many years of study to solve this problem, EuroNCAP has developed a new mode MPDB offset front test that considers the aggressiveness and compatibility that can affect the opponent cars that have collided.

This paper introduces the development process of aggressiveness and compatibility evaluation method of MPDB in EuroNCAP which will be implemented from 2020. Several impact tests have been conducted at different test conditions to rate the vehicle structure performance only focused on aggressiveness and compatibility of MPDB.

1. 서 론

차 사고 중 정면충돌 사고는 탑승자가 가장 많이 사망하고 심각한 부상을 초래하는 사고 유형이며, 사고 대부분은 차 대 차 충돌 사고로써 차량 전면 폭의 일부만 중첩되어 일어난다. EuroNCAP(European New Car Assessment Program)은 위와 같은 차 대 차 충돌 사고에서 시중에 판매되는 차량의 안전성 향상을 위해 1997년부터 부분 정

* GMTCK(General Motors Technical Center Korea), Manager
** GMTCK(General Motors Technical Center Korea), Senior Manager
*** GMTCK(General Motors Technical Center Korea), Director
E-mail : hongyul.sun@gm.com

자동차안전학회지:제11권, 제4호, pp. 6~15, 2019
논문접수일: 2018.5.22, 논문수정일: 2019.10.14, 게재확정일: 2019.10.26

면충돌 시험에 대한 평가를 시작하였다. 이 시험은 각각 50km/h의 속도로 주행하는 동일한 중량의 두 차량의 충돌사고를 모사한 것으로, 평균 남성을 나타내는 정면충돌 인체모형 2개를 앞 좌석에 앉히고, 두 가지 어린이 인체모형은 뒷좌석의 어린이 안전장치를 이용해 앉혔으며, 64 km/h의 속도로 차량을 견인하여 고정된 변형 벽에 차량 폭의 40%를 겹쳐서 충돌 시험을 시행하였다. 이때 각 차량은 인체모형의 상해치와 여러 차량 구조물의 성능으로 평가되었다.[1] 20년 넘게 지속된 이 시험과 제조사의 노력은 차량 구조와 구속 시스템을 개선하여, 정면충돌 사고에서 차량 안전성의 비약적인 향상을 이끌었다. 그리고 정면충돌 시험 모드를 포함한 여러 신차 안전도 평가는 차량 안전에 대한 객관적인 정보를 대중에게 전달함으로써, 자동차 제작사가 차량을 더욱 안전하게 제작하는 촉매제 역할을 수행하였다.

EEVC WG15(European Enhanced Vehicle safety Committee Working Group 15)를 비롯한 유럽의 VC-Compact project, FIMCAR(Frontal Impact and Compatibility Assessment Research)에서는 실제 도로에서 빈번히 발생하는 차 대 차 충돌 사고 관련 연구를 오랜 기간 진행하였다. 특히, EuroNCAP 공식 시험 기관 중 하나인 ADAC은 차 대 차 사고가 전체 충돌사고 중 과반을 차지하고 있으며, 이때 차량 탑승객이 받는 인체 상해 등급은 차량 중량의 영향이 지배적이라고 발표했으며, 차 대 차 사고 중 상대 차량 탑승자 보호에 대한 연구를 더욱 세분화, 정형화하였다.[2] 이들의 연구는 이후 EuroNCAP이 시행 중인 부분 정면충돌 시험을 현재 발생하는 충돌사고와 더욱 유사한 시험 모드인 MPDB(Mobile Progressive Deformable Barrier)를 사용한 차 대 차 부분 정면충돌 시험으로 대체하기로 하는데 많은 기여를 하였다.

본 논문은 차 대 차 부분 정면충돌 시험 시 차량의 구조나 인체모형의 상해치 보다 상대 차량 탑승자 보호에 대한 MPDB compatibility 평가를 중점적으로 연구하였다. 위에서 언급한 EEVC WG 15, FIMCAR, ADAC의 연구를 분석하고, MPDB compatibility 평가의 각 항목이 가지는 의미를 파악하였으며, 여러 충돌 시험을 통해서 평가 항목의 경향성도 살펴보았다.

2. MPDB compatibility 평가 발전 과정

2.1. EEVC WG15

EEVC WG 15는 차 대 차 충돌의 Compatibility에 관한 연구를 목적으로 1996년 2월에 설립되었다. EEVC WG15는 향후 EU Committee에 의해 지원받은 VC Project를 이끌었으며, EuroNCAP 공식 시험 기관인 BASt와 UTAC의 사고분석과 구조분석까지 연구범위를 확장했다.[3]

2.1.1. Full Width Barrier test

Fig. 1은 Full width deformable element와 로드 셀월(Load cell wall)로 구성된 Full width barrier이다. Full width barrier 시험은 안전 구속 장치와 에어백 센싱을 검증하기 위해 기존 부분 정면충돌 시험에 추가되는 시험으로 연구되었으며, 시험 후 각 셀, 행, 열의 로드 셀에 가해지는 힘과 질량의 계산으로 시험에 대한 Compatibility를 평가하였다.

Fig. 1 Full Width Barrier with Deformable Element and Load Cell Wall

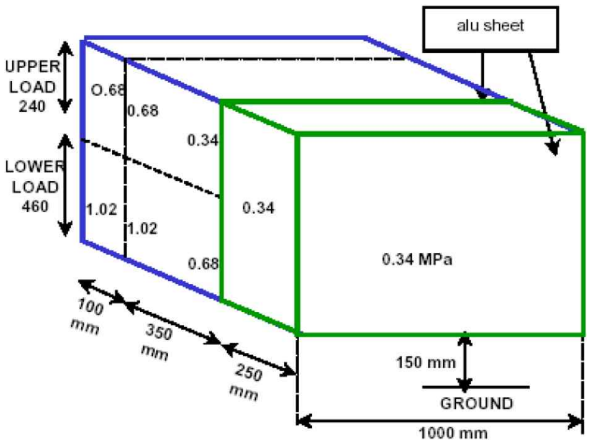
2.1.2. PDB test

Fig. 2(a)의 PDB(Progressive Deformable Barrier)는 Fig. 2(b)와 같이 각기 다른 강성의 7개 허니콤 블록(Honeycomb block)의 결합으로 구성되어 있으며, 기존에 시행되는 고정 벽 부분 정면충돌 시험을 대체하기 위해 연구되었다. PDB 시험은 시험 전후 허니콤 블록의 변형량 평균값과 강성의 곱의 합으로 Compatibility를 평가하였다.

2.2. FIMCAR

FIMCAR는 차 대 차 부분 정면충돌 시 Compatibility 평가에 대한 개발과 협의를 위해서 2009년 설립되었으며, EuroNCAP 공식 시험 기관 중 하나인 TNO에서 연구

(a)



(b)

Fig. 2 (a) Progressive deformable barrier V7, (b) Dimension of Progressive deformable barrier V7

가 진행되었다. FIMCAR는 EEVC WG15의 연구를 확장하여 차 대 차 시험을 양방향의 시험 모드로 발전시켰고, 그에 따른 평가 절차 및 요구서를 개선하였다. Fig. 3은

Fig. 3 FIMCAR moving deformable barrier test

FIMCAR에서 실시한 MPDB 시험이다. 차량과 MPDB를 장착한 대차가 양방향 50km/h의 속도로 동시에 달려와서 충돌하며, 이때 MPDB대차는 1,500kg으로 MBPD가 차량의 폭의 50% 만큼 중첩하여 시험이 진행되었다.

FIMCAR는 위 조건이 EuroNCAP 부분 정면충돌 시험, USNCAP(United States New Car Assessment Program)의 정면충돌 시험과 유사한 EES(Energy Equivalent Speed)를 가지고 있다고 판단하였고,[4] FIMCAR의 연구는 ADAC과 EuroNCAP이 차 대 차 부분 정면충돌 시험 조건을 설정하는데 기본적인 틀을 제시하였다.

2.3. ADAC

FIMCAR이후 여러 시험 기관과 자동차 제조사에서 Compatibility 연구가 진행되었지만, EuroNCAP은 ADAC에서 제시한 시험 방법을 채택하였기 때문에, 본 논문은 ADAC의 MPDB compatibility 평가 방법을 분석하였다.

2.3.1. ADAC 차 대 차 부분 정면충돌 시험

EuroNCAP의 공식 시험 기관 중 하나인 ADAC은 차 대 차 부분 정면충돌 시험에서 MPDB의 중첩 정도, 충돌 속도 및 기타 시험 조건들을 실제 차량의 충돌 시험을 통해 연구 및 검증하였다. Fig. 4는 ADAC에서 최종 결정된 시험 조건이다. FIMCAR의 시험조건과 거의 유사하며, 대차의 무게만 1,400kg로 FIMCAR 대비 100kg 적게 조정되었다.

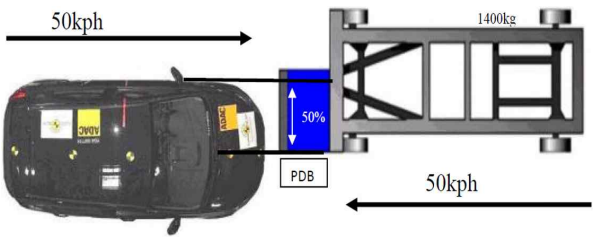


Fig. 4 ADAC MPDB frontal impact test

2.3.2. ADAC MPDB compatibility 평가

시험 후 차량이 MPDB에 충격을 주면 특징적으로 움푹 들어간 흔적을 남기는데, ADAC은 이 부분을 스캔(Scan)하여 평가함으로써, 상대 차량 탑승자 보호에 대한 평가 방법을 발전시켰다. Fig. 5는 2017년 ADAC에서 발표한

초기 Compatibility 평가이다. Compatibility 평가는 MPDB의 형상에 따른 Homogeneity와 충돌 에너지로 평가되며, 이때 충돌 에너지 평가는 MPDB에 가해지는 에너지와 MPDB대차 속도 변화의 합으로 계산된다.[5]

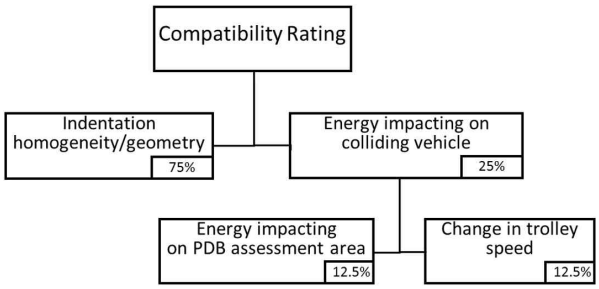


Fig. 5 ADAC compatibility rating

2.3.3. MPDB 평가 영역 정의

MPDB compatibility 평가를 위한 Homogeneity와 충돌 에너지를 구하기 위해서 MPDB의 평가 영역을 정해야 한다. ADAC은 차량 전방 크럼플 존(Crumple Zone)의 충격에너지 흡수를 고려하여, Fig. 6과 같이 MPDB에서 차량 폭 45%를 평가 영역으로 설정하였고, 차량과 대차의 회전으로 인한 비현실적인 변형을 반영하여, MPDB측면 가장자리 200mm는 평가 영역에서 제외하였다. 또한, 대다수 차량의 전방 구조물이 충돌 시 지면에서 250mm-650mm 사이에 위치하기 때문에, 차량 전방 구조물의 over riding, under riding을 피하고자 평가 영역의 높이를 250 mm-650mm 사이로 정하였다. 이때 지면과 MPDB의 거리는 150mm이다.

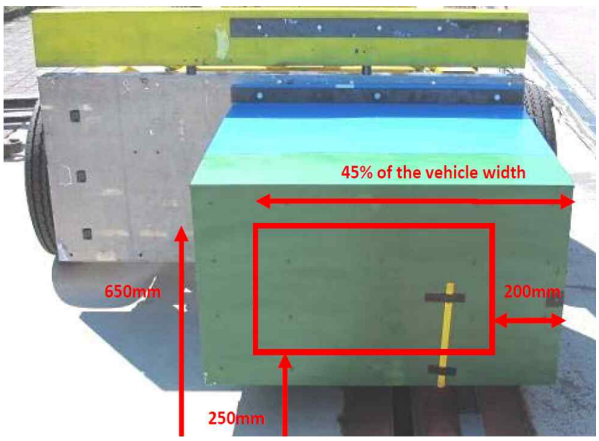


Fig. 6 Definition of the MPDB assessment area

2.3.4. Homogeneity

차 대 차 사고에서 이상적인 차량 전방 구조물은 충돌 시 에너지를 잘 흡수해야 하고, 동시에 상대방 차량에 주는 에너지를 분산시킬 수 있어야 한다. Fig. 7과 같이 상대방 차량에 구멍이 뚫리듯 침투하는 매우 단단한 종 방향 구조물과 에너지를 분산, 흡수하지 못하는 차량 전방 구조물들은 사고 시 상대방 차량의 탑승자에 치명적인 피해를 줄 수 있다. 이를 반영하기 위해 MPDB 시험의 Homogeneity 평가는 2.3.3항에서 기술한 평가 영역의 침입 깊이에 대한 표준편차로 결정되며, 표준편차가 클수록 장벽의 균등하지 않은 변형이 발생하고, Homogeneity 평가에 대한 감점이 커지게 된다.

Fig. 7 Hall on the MPDB face after MPDB frontal impact test

2.3.5. 충돌 에너지 평가

차 대 차 사고에서 충돌 차량 간 전방 구조물의 강성이 차이가 나면 충돌에너지는 상대적으로 덜 단단한 차량에 의해서만 흡수될 수 있다. 즉 매우 높은 전방 구조물 강성은 충돌되는 상대방 차량에 과도한 에너지 집중을 야기할 수 있으며, 이로 인해 상대방 차량 탑승자에 치명적인 피해를 줄 수 있다. 이러한 피해를 줄이기 위해서는 충돌하는 차량 전방의 크럼플 존에서 운동 에너지를 흡수하는 것이 필수적이다.

ADAC은 이러한 관점에서 충돌 후 대차의 MPDB 변형 깊이를 통해 충격 에너지를 계산, 평가하였다. 또한, 시험 후 충돌되는 차량에 가하는 전체 에너지양 평가를 위해서 대차 속도의 변화를 고려하였다. 충돌 후 차량과 충돌하는 대차의 속도는 50km/h에서 0km/h로 감속하게 되고,

0km/h 이하의 속도로 접어드는데 이를 대차의 리바운드 속도(Rebound Velocity)라고 한다. 대차의 리바운드 속도가 낮은 차량은 상대방 차량에 주는 에너지가 적다고 판단하여 감점이 없는 반면, 대차의 리바운드 속도가 큰 차량은 상대방 차량에 대한 공격성이 크다는 관점에서 감점을 받는다.

3. EuroNCAP의 공식MPDB compatibility 프로토콜

3.1. MPDB compatibility 평가

EuroNCAP은 자동차 제작사, 공식 시험 기관과의 협의 후, ADAC에서 개발된 평가 방법을 수정, 발전시켜, 2018년 말 공식 프로토콜을 발표하였다. Fig. 8은 공식 프로토콜 중 최종 발표된 Compatibility 평가이다. 2.3.3항의 Fig. 6과 비교해보면 Homogeneity 부분은 평가 방법이 동일하게 유지되었지만, 충돌 에너지 평가는 대차의 OLC(Occupant Load Criterion)와 MPDB의 Bottoming out으로 대체되었다. Compatibility 평가는 차 대 차 부분 정면충돌 시험의 16점 중 최대 8점까지 감점시킬 수 있지만, EuroNCAP ILM(Industry Liaison Meeting)에서 2020, 2021년까지 8점의 절반인 4점까지 감점되도록 결정되었다.[6]

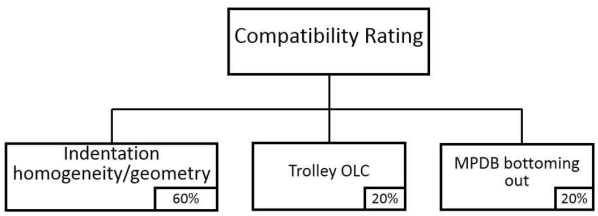


Fig. 8 EuroNCAP MPDB compatibility rating

3.2. 최종 MPDB 사양

변형 벽은 개발 당시 차량의 강성과 가장 유사한 강성으로 만들어진다. 차 대 차 부분 정면충돌 시험에서 사용되는 MPDB는 1996년 EEVC WG15의 개발 이후 여러 연구를 거듭해, 2018년 말 EuroNCAP의 MPDB 시험 프로토콜에서 최종 결정되었다. Fig. 9는 최종 결정된 MPDB의 분해도이다. 붙임판과 접착테이프, 둘러싸고 있는 겉면과 함께 총 3개의 블록으로 구성되어 있으며, 이 세 가지 블록은 각기 다른 강성을 가지고 있다.

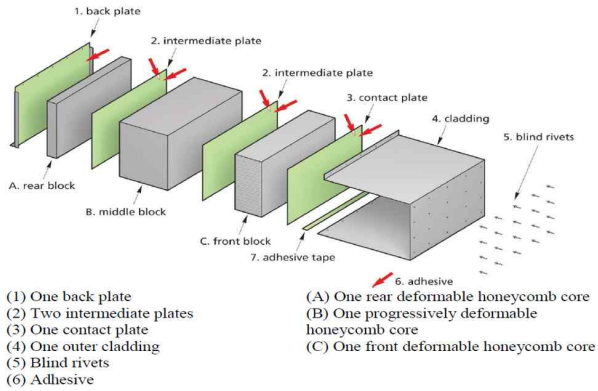


Fig. 9 Exploded isometric view of MPDB

3.3. Homogeneity 평가

Homogeneity 평가는 2.3.3항에서 정의한 평가영역의 시험 전후 MPDB 표면 변형값에 대한 표준편차를 구하는 것이다. 각각의 변형값을 찾기 위해서 MPDB의 전방 표면을 Fig. 10과 같이 20mm x 20mm 크기의 그리드 1400개로 가상 분할한다. 그리고 시험 전후의 MPDB전방 표면의 스캔을 통해서 변형값을 찾아내고, 평가영역의 변형값에 대한 표준편차를 계산하여, MPDB의 Homogeneity를 평가한다.

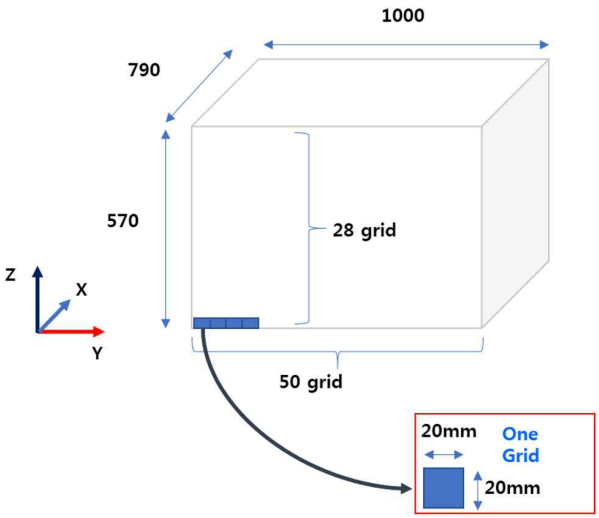
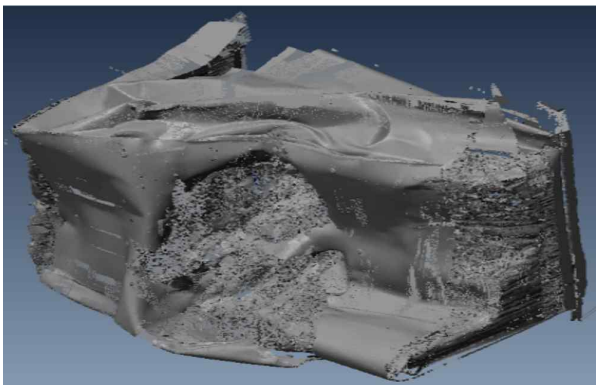


Fig. 10 Grid on MPDB

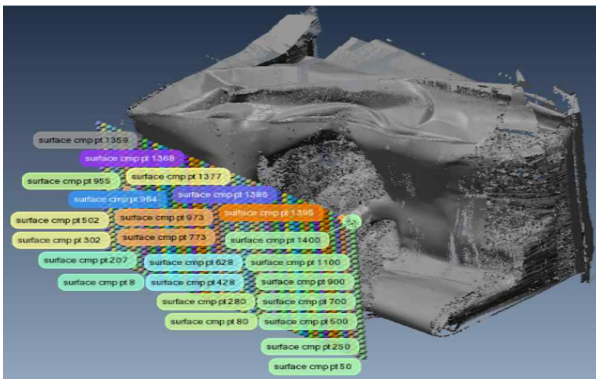
Fig. 11(a)는 시험 후 MPDB이며, Fig. 11(b)는 MPDB 스캔 이미지이다. Fig. 11(b)의 스캔 데이터로 소프트웨어 프로세싱(Software processing)을 거쳐, Fig. 11(c)와 같이 1400점의 변형값을 찾는다. 이 값을 EuroNCAP

MPDB spread sheet에 기재하여 평가영역에 대한 표준편차를 얻을 수 있다.

(a)



(b)



(c)

Fig. 11 (a) MPDB image after frontal impact test, (b) MPDB scan image, (c) MPDB deformation by processing software

Fig. 12는 평가영역에 대한 spread sheet의 이미지이며, 각 그리드는 변형값의 크기에 따라 색상이 다르게 표시된다. 표준편차로 평가되는 Homogeneity는 최대 −6점까지 감점될 수 있다.

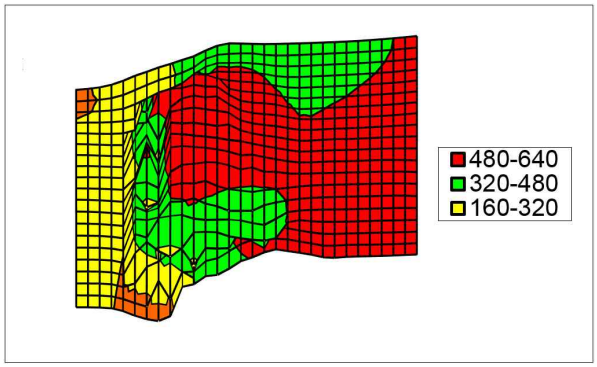


Fig. 12 MPDB Assessment area by official spread sheet

3.4. OLC의 정의

OLC는 충돌 시 탑승자 가슴에 가해지는 구속력의 주요 물리적 움직임을 고려한 값으로, 충돌 후 차량의 속도와 이상적인 승객의 속도를 가정하여 계산된다. OLC가 높으면 탑승자에게 가해지는 가속도가 증가하게 되어 탑승자가 상해를 입을 가능성이 커진다. Fig. 13에 OLC의 개념도를 나타내었다. 정면충돌 시작 시 승객에 대한 구속력은 거의 없으므로 OLC 모델에서 승객의 가속도는 0으로 가정하며, 탑승자와 차량의 상대적 거리가 65mm에 도달할 때까지(Area A1) 탑승자의 속도는 초기 속도로 Point 2까지 유지된다. 자유 운동 단계 후 탑승자가 이상적으로 구속되어 탑승자와 차량의 235mm 상대 변위에(Area A2) 도달할 때 즉 Point 3까지 일정한 감속을 일으킨다고 가정하며, 이때 탑승자의 지속적인 감속의 기울기로 OLC 값을 정의한다.[7]

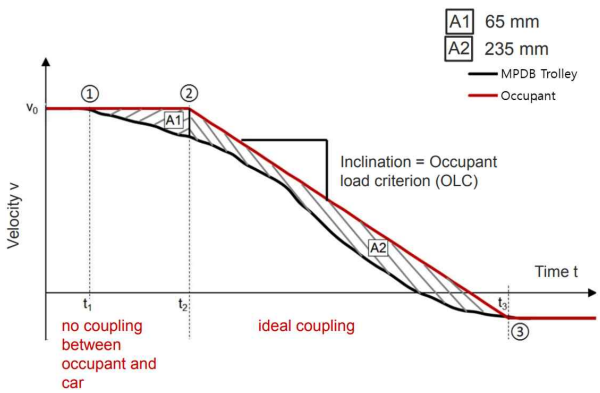


Fig. 13 OLC diagram

수식(1)은 OLC의 계산 식이다. 이때 각각의 값들은 OLC는 대차의 CG(center of gravity)에서 측정된 가속도 값에 CFC180(Channel Frequency Class 180) 필터를 적용하여 계산하며, 최대 −2점까지 감점될 수 있다.

$$OLC = -\frac{V_{occupant}(t3) - V_{occupant}(t2)}{t3 - t2} \quad (1)$$

3.5. MPDB bottoming out

Bottoming out은 2.3.4항의 Fig. 7과 같이 충돌 후 MPDB에 40mm x 40mm보다 큰 면적이 630mm 이상 관통될 경우 적용되며, Compatibility의 평가에 최대 −2점까지 감점될 수 있다.

4. 충돌 시험에 의한 MPDB compatibility 분석

차량의 무게에 따른 MPDB compatibility의 평가를 비교하기 위해서 차 대 차 부분 정면충돌 시험을 시행하였다. Fig. 14와 같이 진행된 차 대 차 부분 충돌 시험의 시험 조건과 평가는 EuroNCAP의 최신 프로토콜을 따랐으며, 시험은 각기 다른 무게를 갖는 7대의 차량으로 진행되었다.

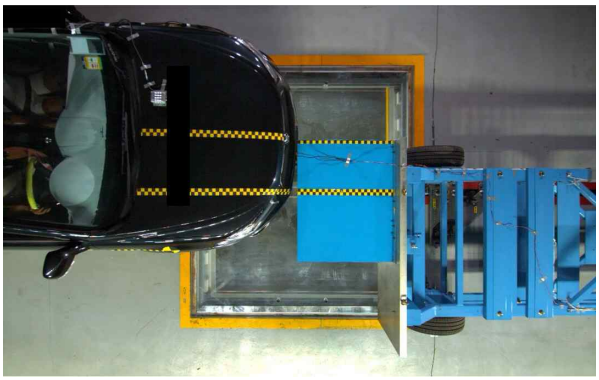


Fig. 14 Top view of MPDB frontal impact test

4.1. 차량 무게에 따른 MPDB compatibility 평가

Table 1에 7대의 차량에 대한 시험 결과를 정리하였다. 이때 각 값은 D 차량의 값을 기준으로 비율로 나타내었다.

Table 1 MPDB Test Result

No.	A	B	C	D	E	F	G
Vehicle Weight	0.76	0.93	0.95	1.00	1.02	1.15	1.27
Homogeneity	0.66	1.01	1.41	1.00	0.79	0.78	1.12
OLC	0.87	1.01	1.07	1.00	1.12	1.10	1.20
Bottoming out	No	No	No	No	No	No	No

4.1.1. 차량 무게와 Homogeneity 평가의 상관관계

Table 1을 이용해 차량의 무게와 Homogeneity의 관계를 분석하였다. Fig. 15에서 나타나듯이 차량 무게가 증가함에도 표준편차는 각기 다른 값을 가지고 있으며, 규칙성을 보이지 않아, 두 가지 값에 대한 상호 영향력은 적었다.

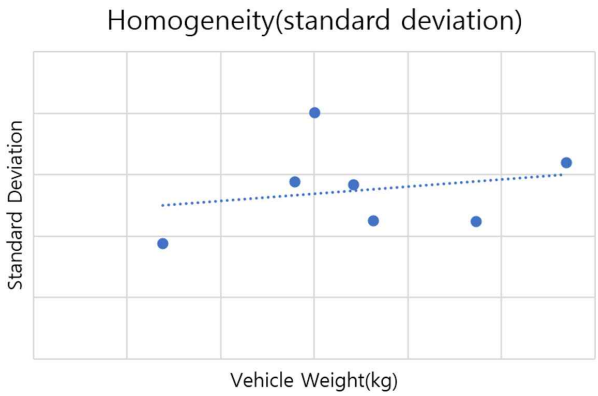


Fig. 15 Trendline of standard deviation values

Fig. 16(a)는 표준편차가 가장 적게 나온 차량 A의 MPDB 형상이며, Fig. 16(b)는 값이 가장 많이 나온 차량 C의 MPDB 형상이다. 차량 C, G와 같이 표준편차가 많이 나온 차량은 가벼운 차량 A에 비해서 상대적으로 많은 충돌 에너지를 MPDB에 전달해 평가영역에 균등하지 못한 변형을 남겼기 때문이다.

4.1.2. 차량 무게와 OLC의 상관관계

차량 무게에 따른 OLC 값을 추세선을 추가해 분석하였다. Fig. 17과 같이 차량 무게와 OLC는 상승 추세선으로 나타났고, 차량이 무거워질수록 OLC도 높아지는 경향을 보였다. 더욱 세부적인 분석을 위해 가장 가벼운 차량 A와 가장 무거운 차량의 G의 OLC에 대해 Fig. 13과 같은

(a)

(b)

Fig. 16 (a) MPDB Deformation of Vehicle A, (b) MPDB Deformation of Vehicle C

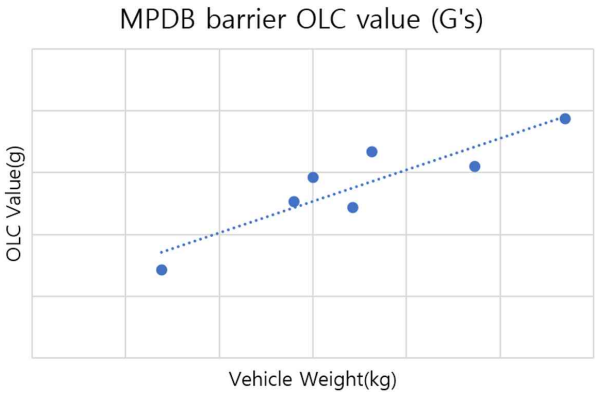
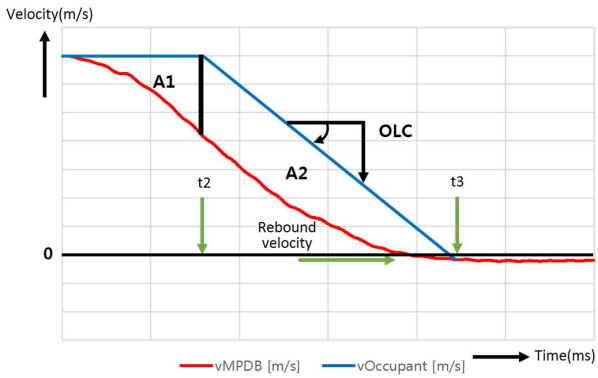


Fig. 17 Trendline of OLC values

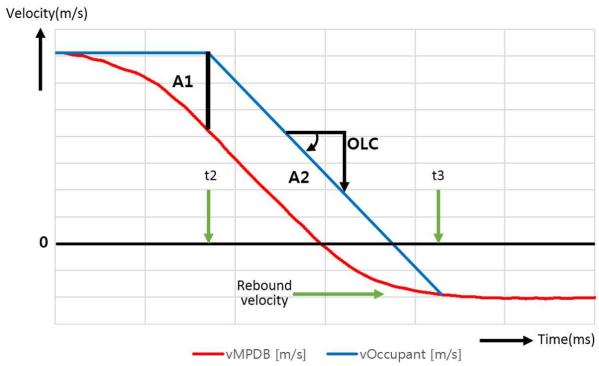
형식의 그래프로 각각 분석해보았다.

Fig. 18(a)는 가장 가벼운 차량 A의 OLC 그래프이고 Fig. 18(b)는 가장 무거운 차량 G의 OLC 그래프이다. 충돌 후 대차가 받는 에너지양은 가벼운 차량 A가 충돌할 때 더 작으며, 이는 MPDB 대차의 감속도를 완만하게 만든다. 3.4절의 수식 (1)을 고려했을 때, 가벼운 차량 A는 2.3.5 절에서 언급한 대차의 리바운드 속도가 거의 없으므로, 탑승자와 차량 사이의 이상적인 거리 변화 235mm가 되는 A2의 time duration(t3−t2)의 값이 늘어나게 되고, 궁극적으로 OLC의 기울기가 완만하게 된다.

반면 무거운 차량 G의 경우 충돌 후 대차가 받는 에너지의 양이 가벼운 차량 A보다 상대적으로 많으며, 이는 MPDB 대차의 감속도를 급격하게 만들고, 대차에 리바운드 속도를 증가시키는 원인이 된다. 위 두 요소로 인해 차량 A보다 time duration(t3−t2)의 값이 줄어들게 되고, OLC의 값은 증가하게 된다.



(a)



(b)

Fig. 18 (a) OLC of vehicle A, (b) OLC of Vehicle G

4.2. 전방 구조물에 따른 MPDB compatibility 평가

4.2.1. Front impact beam 설계 변경에 따른 시험 설계 및 결과

차량 전방 구조물의 높이는 표준이 없으므로 높이와

너비는 자동차 제조사와 모델별로 크게 다를 수 있다. 특히 Front impact beam은 대부분 평평하며 차량의 전체 폭에 걸쳐 있지 않다. 이는 차 대 차 사고 시 충돌 차량 보호에는 효과적이지만, 좁은 면적으로 인해 에너지를 분산시키지 못하기 때문에 충돌하는 상대방 차량에 더 큰 피해를 줄 수 있다. 본 논문은 위의 내용을 구체화하고, Homogeneity 평가 향상을 위하여, Front impact beam을 개선해 두 가지 시험을 추가 시행하였고 그 결과를 비교, 분석하였다. Fig. 19에서 안쪽 붉은 점선은 기존 차량의 Front impact beam이며, 파란 실선은 Homogeneity 평가 향상을 위해 설계 변경을 적용한 Front impact beam이다. 이 구조물은 기존 구조물에서 차량 폭과 높이 방향으로 구조물의 넓이가 확장되었다.

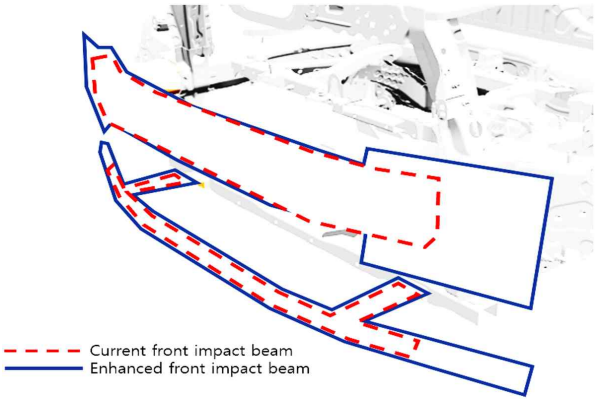


Fig. 19 Current front impact beam vs Enhanced front impact beam

Fig. 19만 다른 인자로 한 동일한 조건의 차량으로 차 대 차 부분 정면충돌 시험을 진행하였고, 그 결과를 Table 2에 정리하였다. 이때 각 값은 기존 차량의 결괏값을 기준으로 하여 비율로 나타내었다.

Table 2 MPDB test result for current and enhanced structure

Vehicle	H(Current)	I(Enhanced)
Vehicle Weight	1	1
Homogeneity	1	0.52
OLC	1	0.99
Bottoming out	No	No

4.2.2. Homogeneity 평가

Table 2에서 알 수 있듯이 개선된 Front impact beam으로 시험했을 때 Homogeneity의 결과는 기존 구조물의 시험 결과의 절반 수준이었다. 이는 개선된 Front impact beam이 에너지를 충분히 흡수하였고, Fig. 20과 같이 대 차의 MPDB에 에너지를 넓게 분산시켰기 때문이라 볼 수 있다.

Fig. 20 MPDB face with enhanced front impact beam

반면 기존 Front impact beam은 상대적으로 좁은 면적으로 인해 충돌 에너지를 충분히 효과적으로 흡수하지 못하였고, Fig. 21처럼 그 에너지를 좁은 구역의 MPDB 평가영역에 전가하여, MPDB의 변형량을 증가시켰기 때문에 표준편차가 향상된 구조물에 비해 상당히 컸다.

Fig. 21 MPDB face with current front impact beam

4.2.3. OLC 평가

차량의 무게를 비롯한 Front impact beam 이외의 모든 시험 조건은 동일하였기 때문에, OLC는 거의 변화를 보이지 않았다.

5. 결 론

본 연구는 EuroNCAP MPDB 부분 정면충돌 시험의 발전과정을 살펴보았고, 이후 실제 차량 시험을 통해 MPDB compatibility 평가 항목별 분석을 진행하였으며 그 결과를 아래와 같이 정리하였다.

1) EEVC WG 15에서 시작해 FIMCAR, ADAC등 여러 기관에서 차 대 차 충돌에 관한 연구가 수년간 진행되었고, EuroNCAP은 2020년부터 기존 고정벽 부분 충돌 시험을 MPDB 부분 정면충돌 시험으로 대체할 것이라고 발표하였다. MPDB 부분 정면충돌 시험은 시험에 사용되는 인체 모형과 여러 충돌시험 조건이 변경되었으며, 특히 충돌 차량의 안전뿐만 아니라 충돌되는 상대방 차량의 안전까지 고려한 Compatibility 평가를 도입하였다. 본 논문에서는 위에서 언급한MPDB compatibility에 집중하여 연구하였고, 각 평가 항목들에 대한 분석을 진행하였다.
2) Compatibility 평가는 Homogeneity 평가, OLC 평가, Bottoming out 평가로 나뉘며, 본 논문에서는 이 평가에 대한 경향성을 분석하기 위해 7번의 실제 차량 충돌 시험을 진행하였다. Homogeneity는 차량의 무게와는 크게 상관이 없었지만, OLC는 대차가 받는 에너지양에 비례하기 때문에 차량의 무게가 올라갈수록 증가하는 경향을 보였다.
3) 또한 본 논문은 Homogeneity 향상을 위해 Front impact beam의 형상을 변경하여 2가지 시험을 추가로 진행하였다. 개선된 Front impact beam이 들어간 시험은 전방 구조물이 에너지를 충분히 흡수하였고, 대차의 MPDB에 에너지를 넓게 분산시켰기 때문에 개선 전보다 약 절반의 표준편차를 나타내었다.

본 논문은 MPDB 시험의 평가 중 Compatibility 평가에만 중점을 둔 것으로, 향후 논문에서는 본 논문에서 다루었던 것 이외의 부분에 대해 살펴볼 예정이다. 기존 고정벽 부분 정면충돌 시험과 비교하여 차량 구조물과 인체모형 상해치 등 여러 부분을 분석할 것이며, 특히 THOR (Test device for Human Occupant Restraint) 인체모형에 대한 특성을 파악하여 MPDB 부분 정면충돌 시험의 인체모형 상해치 최적화에 관하여 연구할 것이다.

참고문헌

(1) EuroNCAP, “Offset-Deformable Barrier - ODB”, https://www.euroncap.com/en/vehiclesafety/the-ratings-explained/
(2) Volker, Sandner, Andreas, Ratzek, ADAC e.V “MPDB-Mobile offset progressive deformable barrier”.
(3) Eberhard Faerber, Status of Research Work of EEVC WG 15, “Compatibility Between Cars”.
(4) Jeroen Uittenbogaard, Ton Versmissen, TNO, “FIMCAR WP 4 Moving Deformable Barrier”.
(5) ADAC, “MPDB excel spread sheet”.
(6) EuroNCAP, 2019, “MPDB FRONTAL IMPACT TESTING PROTOCOL”.
(7) Robert Szlosarek, “A simplied modeling app-roach of front car structures for a shortened design study”.