

EuroSID-1에서 EuroSID-2로의 인체모형 변경이 KNCAP 측면충돌안전성 평가에 미치는 영향 연구

임재문^{*1)} · 정근섭²⁾

교통안전공단 자동차성능연구소¹⁾ · 아주자동차대학 자동차학부²⁾

Effect of Changing the Side Impact Dummy from EuroSID-1 to EuroSID-2 in the KNCAP Side Impact Evaluation

Jae Moon Lim^{*1)} · Geunseup Jung²⁾

¹⁾Office of Vehicle Safety Research, Korea Automobile Testing & Research Institute(KATRI), KOTSA,
625 Samjon-ri, Songsan-myeon, Hwaseong-si, Gyeonggi 445-871, Korea

²⁾Division of Automobile, Ajou Motor College, Chungnam 355-769, Korea

(Received 26 January 2007 / Accepted 17 March 2007)

Abstract : In order to provide consumers with safety informations of vehicles according to the Korean New Car Assessment Program (KNCAP), the evaluation results and the star ratings of 21 vehicles for the side impact tests have been reported since 2003. Now, the KNCAP considers changing the side impact dummy from EuroSID-1 to EuroSID-2 near future. The rib deflection of EuroSID-2 is 20-30% higher than that of EuroSID-1 because of the removal of "Flat Tops" effect. In this study, the effect of changing the side impact dummy from EuroSID-1 to EuroSID-2 in the KNCAP side impact evaluation is estimated through the previous KNCAP evaluation results. The results show that the decrease of the star ratings would be one star (★) approximately.

Key words : Side impact test(측면충돌시험), Rib deflection(흉부압축변위량), Viscous criterion(흉부연성조직기준값), Abdominal peak force(복부내부하중), Head injury criterion(머리상해기준값), Pubic symphysis peak force(치골유착하중)

1. 서론

건설교통부 주관 하에 국내에서 시행중인 신차안전도평가제도(Korean New Car Assessment Program, KNCAP)는 새로 시장에 출시된 차량에 대해 일정한 기준에 의한 평가시험을 실시하여 소비자에게 보다 넓은 선택의 기회를 제공하고, 제작사로 하여금 자율적 경쟁을 통해 보다 안전한 자동차를 제작하도록 유도하기 위하여 법규보다 가혹한 시험 실시 후 자동차의 안전성을 평가하고 그 결과를 소비자에게

알기 쉬운 방법으로 공개하는 것이다.¹⁾ KNCAP은 1999년 정면충돌시험을 실시한 이후로 그 평가항목과 평가대상 차종을 점차 확대해왔다. 2006년 현재 정면충돌, 측면충돌, 제동성능, 머리지지대 및 주행전복안전성 등 5항목을 평가하고 있으며, 평가대상 차종도 승합차까지 확대되었으며 향후 적재량 1톤 이하의 소형트럭도 추가될 예정이다.²⁾ 평가항목은 앞으로도 꾸준히 확대되어 보행자보호, 옵션 정면충돌, 지주 측면충돌 등과 같은 항목이 점차적으로 추가될 예정이다.

측면충돌시 승객보호에 관한 법규정은 자동차의

*Corresponding author, E-mail: jmlim@kotsa.or.kr

안전기준에 관한 규칙 제102조(충돌시의 승객보호) 및 별표 14의2(측면충돌시 인체모형의 상해기준)에 수록되어 있으며 2001.4.28에 제정되고 2003.1.1부터 시행되고 있다.³⁾ 측면충돌시 승객보호기준은 1995.7.6에 제정된 유럽기준인 ECE R95와 동일하며, 인체모형은 EuroSID-1을 사용하며 측면충돌이동벽(moving deformable barrier, MDB)의 전면에는 다층 하니콤(multi-layer honeycomb)을 부착하여 사용하고 있다.^{3,4)}

ECE R95는 2003년부터 단계적으로 개정되어 개선된 인체모형인 EuroSID-2(ES-2)와 프로그레시브 하니콤(progressive honeycomb)을 사용하고 있다.⁴⁾ ES-2는 2004년부터 선택적으로 사용하고 2007년부터는 신규 자동차에 사용하며 2011년부터 판매되는 모든 자동차에 의무적으로 사용하도록 규정하고 있다.⁴⁾ 하니콤은 2003년부터 프로그레시브 하니콤을 선택적으로 사용하고 2004년부터는 신규 자동차에 사용하며 2008년부터는 판매되는 모든 자동차에 의무적으로 사용하도록 규정하고 있다.⁴⁾ 신차안전도 평가를 담당하는 EuroNCAP에서는 2003년부터 ES-2와 프로그레시브 하니콤을 사용하고 있다.⁵⁾

우리나라는 2004.12.31에 WP29의 1958 협정에 가입한 회원국으로서 국내 자동차안전기준을 국제 조화(International Harmonization) 하기 위하여 이에 대한 조사연구를 수행하고 있으며, 측면충돌 분야에서도 ES-2와 프로그레시브 하니콤의 적용을 검토하고 있다. 국내에서도 유럽과 유사하게 신차안전도 평가를 담당하는 KNCAP에서 법규 적용에 우선하여 ES-2와 프로그레시브 하니콤의 적용을 검토하고 있다.⁶⁾

ES-2는 EuroSID-1에 비해 여러 가지 측면에서 인체충실도를 높여 개선한 인체모형이며, 특히 EuroSID-1에서 나타나는 갈비뼈 부위의 흉부압축변위량 곡선이 피크부근에서 평평하게 되는 현상을 개선한 것이다.^{7,9)} 이에 따라, ES-2로 측면충돌 시험을 수행하게 되면 EuroSID-1보다 흉부압축변위량이 커지게 되어 평가 결과에 불리한 영향을 미칠 것으로 예상된다.

본 연구에서는 2003년부터 시행된 KNCAP 측면충돌시험 결과를 살펴보고 ES-2를 채택할 경우 예상되는 영향을 검토하고자 한다.

2. 측면충돌시험 방법 및 평가방법

2.1 시험방법

KNCAP에 관한 시험절차와 평가방법은 “자동차 안전도평가시험 등에 관한 규정”에 나타나 있다.²⁾ 측면충돌시험은 Fig. 1에 나타난 것과 같이 운전자석에 측면충돌용 인체모형인 EuroSID-1을 탑재시킨 시험용 자동차의 운전자측 옆면에 측면충돌용 이동벽으로 법규 기준속도인 50km/h보다 5km/h 빠른 55km/h의 속도로 충돌시키며, 상세한 절차는 “자동차안전기준시행세칙” 별표1의 항목을 따르는 것으로 규정되어 있다.²⁾ 참고로 법규시험에서는 가장 낮은 좌석의 착석기준점(R-point)이 지상에서 700mm 보다 높은 경우에는 이 기준을 적용하지 않는다.³⁾

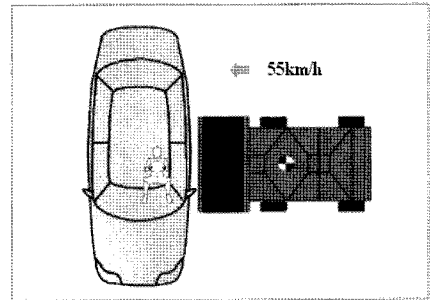


Fig. 1 The schematic diagram of KNCAP side impact test

2.2 평가방법

KNCAP에서 측면충돌 안전성에 대한 평가는 상해등급, 충돌시 문열림 여부, 충돌후 문열림 용이성, 충돌후 연료장치의 연료누출 여부 등 4개 사항으로 구성되어 있다.

상해등급은 운전자석에 착석시킨 인체모형(EuroSID-1)이 머리, 흉부, 복부와 골반에 받게 되는 상해값을 측정한 후 Table 1에 나타난 것과 같이 인체 각 부위별로 점수를 부여한다. 인체 각 부위별 점수는 상해값에 따라 보간법으로 산출하며 총 12점을 만점으로 한다. 흉부압축변위량(rib deflection)과 흉부연성조직기준값(viscous criterion)은 갈비뼈 부위에서 측정된 상, 중, 하 3값 중 가장 큰 상해치를 채택한다. 흉부 상해치는 흉부압축변위량과 흉부연성조직기준값 중 낮은 점수를 채택한다. 머리의 상

Table 1 The conversion point for injury value of dummy's each parts

Location	Injury	Criterion	Point
Head	Head Injury Criterion (HIC)	650~1,000	0~4
Thorax	Rib Deflection (RD)	22~42mm	0~4
	Viscous Criterion (VC)	0.32~1.0m/s	
Abdomen	Abdominal Peak Force (APF)	1.0~2.5kN	0~2
Pelvis	Pubic Symphysis Peak Force (PSPF)	3.0~6.0kN	0~2
Total			0~12

Table 2 Star ratings for the side impact test

Star rating	Point
★★★★★	10.50 ~ 12.00
★★★★	9.00 ~ 10.49
★★★	7.50 ~ 8.99
★★	6.00 ~ 7.49
★	0.00 ~ 5.99

해값은 소수점 첫째자리에서 반올림하여 정수로 나타내며, 흉부압축변위량은 소수점 둘째자리에서 반올림하여 소수점 첫째자리로 나타내고, 흉부연성조직값, 복부 및 골반의 상해값은 소수점 셋째자리에서 반올림하여 소수점 둘째자리로 나타낸다. 각 상해값에 따라 보간법으로 산출하는 점수는 소수점 셋째자리에서 반올림하여 소수점 둘째자리로 나타낸다. 만점인 12점은 머리와 흉부의 중상(AIS3) 가능성이 5% 이하이고 복부 파열과 골반 골절이 발생하지 않는 것을 의미한다.

측면충돌 안전성의 평가는 Table 2에 나타난 것과 같이 측정점수를 5단계로 구분하여 최고등급을 별 5개 최저등급을 별 1개로 표시한다.

3. KNCAP 시험결과 고찰

KNCAP에서 측면충돌 안전성은 2003년부터 시행하였으며 2006년까지 소형차 11차종, 중형차 5차종, SUV 3차종 및 중형승합차 2차종 등 21차종을 수행하였다.¹⁰⁻¹³⁾ Table 3에 16차종에 대한 시험결과 및 평가등급을 나타내었다. 평가등급이 다른 차량에 비해 상대적으로 떨어지는 차종은 개발시점이 KNCAP에서 측면충돌평가를 공지한 시점보다 빨

라 개발과정에서 이에 대한 것이 충분히 반영이 되지 않았다고 보고 있으며 2004년을 기점으로 대부분 단종된 차종들이다.

소형차는 탑승자와 차체측면구조물 사이의 여유 공간을 상대적으로 확보하기가 용이하지 않으므로 평가결과가 크게 달라지지 않고 있으나, 중형차는 시행 초기에 비해 점차적으로 평가결과가 향상되는 것을 알 수 있다.

Table 3에 나타난 모든 차종은 측면에어백을 장착하지 않았으며 가장 낮은 좌석의 착석기준점(R-point)이 지상에서 700mm보다 높은 SUV 및 승합차량의 결과는 나타내지 않았다. Table 3에 이 결과들을 나타내지 않은 이유는 인체모형의 착석기준점이 높은 차량은 측면충돌이동벽과 차량의 충돌기준면이 착석기준점보다 낮아지며, 이에 따라 측면충돌시험시 각 부위별 상해값이 상당히 적게 나타나 대부분의 항목에서 만점을 받았기 때문이다.^{12,14)} Table 3의 팔호안의 수치는 인체부위별 상해값으로부터 환산된 점수를 나타낸다.

Table 3에 나타난 것처럼 측면충돌 안전성의 평가등급에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 흉부압축변위량인 것을 알 수 있다. 반면에 머리상해기준값은 전차종이 만점을 받은 것을 알 수 있다. 측면충돌시 머리상해는 머리부위와 B 필라의 접촉에 의해 커질 수 있으나, 현재와 같이 측면충돌이동벽을 차량에 90도로 충돌시키는 시험방법에서는 대체로 접촉이 발생하지 않는 것과 관계된다고 생각할 수 있다.¹⁰⁻¹³⁾ 머리상해기준값은 점수배점은 큰 대신에 평가등급에는 전혀 영향을 미치는 인자가 아님을 알 수 있으며, 측면충돌 안전성을 왜곡시킬 가능성이 있으므로 이에 대한 많은 검토가 요구된다.

Photo. 1에는 측면충돌 시험장면을 나타내었으며, Photo. 2에는 측면충돌시험에 따른 차량의 변형상태를 나타낸 것이다. 측면충돌은 정면충돌과는 달리 탑승자와 차체 사이에 여유 공간이 많지 않으므로 도어(door), 사이드실(side seal) 및 B 필라에서 충돌에너지를 충분히 흡수해주어야 인체 상해값을 감소시킬 수 있으며,^{15,16)} 특히 흉부압축변위량은 도어의 변형량과 밀접한 관계를 갖는 것으로 나타나 있다.¹⁴⁾

Table 3 Test results and star ratings in KNCAP

Year	2003							
Class	Compact							
Vehicle	C0301	C0302	C0303	C0304	C0305	C0306	C0307	C0308
HIC	178 (4.00)	196 (4.00)	232 (4.00)	427 (4.00)	200 (4.00)	320 (4.00)	217 (4.00)	204 (4.00)
RD	40.4 (0.32)	40.4 (0.32)	34.7 (1.50)	32.9 (1.82)	35.7 (1.26)	40.4 (0.32)	27.6 (2.88)	19.2 (4.00)
VC	0.87 (0.76)	0.97 (0.18)	0.63 (2.18)	0.53 (2.76)	0.51 (2.88)	0.77 (1.35)	0.27 (4.00)	0.34 (3.88)
APF	1.22 (1.71)	1.57 (1.24)	1.07 (1.91)	1.63 (1.16)	1.28 (1.63)	2.10 (0.53)	1.75 (1.00)	1.63 (1.16)
PSPF	2.92 (2.00)	3.76 (1.49)	2.71 (2.00)	3.97 (1.35)	4.58 (0.95)	3.89 (1.41)	2.94 (2.00)	2.29 (2.00)
Total	8.03	6.91	9.41	8.33	7.84	6.26	9.88	11.04
Star Rating	★★★	★★	★★★★★	★★★	★★★	★★	★★★★★	★★★★★
Year	2004				2005	2006		
Class	Compact	Medium			Medium	Compact		Medium
Vehicle	C0401	M0401	M0402	M0403	M0501	C0601	C0602	M0601
HIC	232 (4.00)	346 (4.00)	202 (4.00)	153 (4.00)	145 (4.00)	125 (4.00)	155 (4.00)	195 (4.00)
RD	23.2 (3.76)	37.0 (1.00)	39.5 (0.50)	25.8 (3.24)	30.4 (2.32)	38.1 (0.78)	39.6 (0.48)	24.9 (3.42)
VC	0.29 (4.00)	0.61 (2.29)	0.56 (2.59)	0.24 (4.00)	0.39 (3.59)	0.52 (2.82)	0.57 (2.53)	0.26 (4.00)
APF	2.10 (0.53)	4.73 (0.00)	0.85 (2.00)	1.53 (1.29)	1.18 (1.76)	1.45 (1.40)	1.37 (1.51)	1.20 (1.73)
PSPF	3.76 (1.49)	3.54 (1.64)	3.70 (1.53)	2.15 (2.00)	2.43 (2.00)	3.79 (1.47)	3.12 (1.92)	2.66 (2.00)
Total	9.78	6.64	8.03	10.53	10.08	7.65	7.91	11.15
Star Rating	★★★★★	★★	★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★	★★★	★★★★★

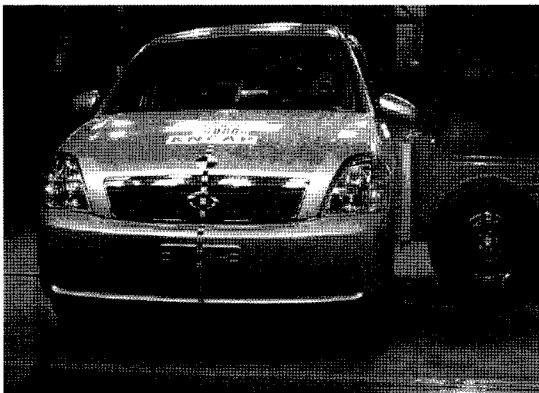


Photo. 1 A side impact test of the M0601 vehicle

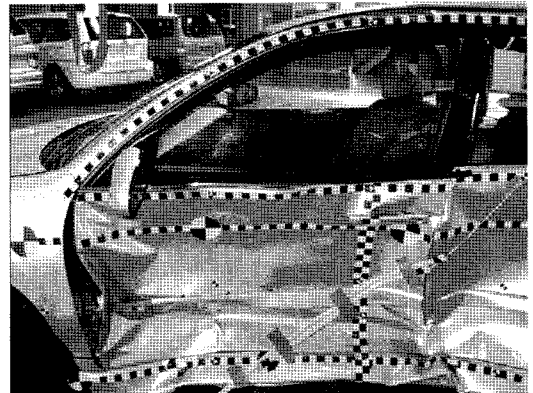


Photo. 2 Deformed shape of the M0601 vehicle side structure after the side impact test

Fig. 2에는 전형적인 갈비뼈 변형곡선을 상, 중, 하 부위별로 순서대로 나타내었다. 그림에서 보는

것과 같이 변형곡선의 피크 부위에서 평평하게 되

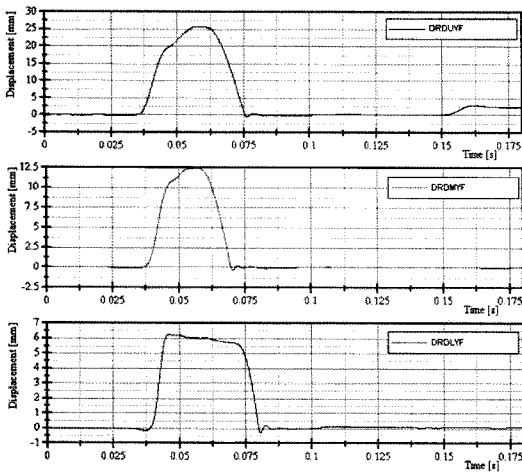


Fig. 2 Rib responses of the M0403 vehicle in KNCAP test

는 현상이 나타나는 것을 알 수 있다.

4. ES-2의 주요 개선사항 및 특성 고찰

ES-2는 그동안 사용되어온 EuroSID-1의 인체충실도(Biofidelity)를 개선하기 위하여 EEVC (European Enhanced Vehicle-safety Committee) Working Group 12를 통해 개발된 것이다.⁷⁻⁹⁾ EuroSID-1은 그동안 갈비뼈 모듈의 감김 현상과 흉부 백플레이트(Torso back plate)의 간섭에 의해 나타나는 흉부압축 변위량 곡선의 “Flat tops”(피크부근에서 평평하게 되는 현상), 백플레이트가 좌석 등받이로 파고드는 현상, 대퇴부 상부가 치골(pubic) 로드셀(load cell) 장치와 접촉하는 현상, 치골유착하중 곡선이 무릎과 무릎의 접촉에 의해 튀는 현상 등이 제거되어 왔다.⁹⁾

ES-2는 가슴변위센서 가이드 시스템의 개선, 백플레이트 로드셀의 장착, 하체 상부의 디자인 개선 등으로 EuroSID-1에서 제거되어온 문제점을 개선하고 인체충실도를 증가시켰다. Fig. 3은 ES-2의 갈비뼈 모듈과 백플레이트 로드셀을 나타낸 것이다. 백플레이트는 폭을 180mm에서 140mm로 줄이고 형상을 완곡하게 만들었으며, 백플레이트 로드셀은 측면방향으로 작용하는 하중을 측정하여 감점여부를 결정할 수 있게 한다. Fig. 4는 ES-2의 가슴변위센서 가이드 시스템이며 Flat tops 현상을 제거하기 위하여 저마찰 니들베어링(needle bearing)이 장착되었

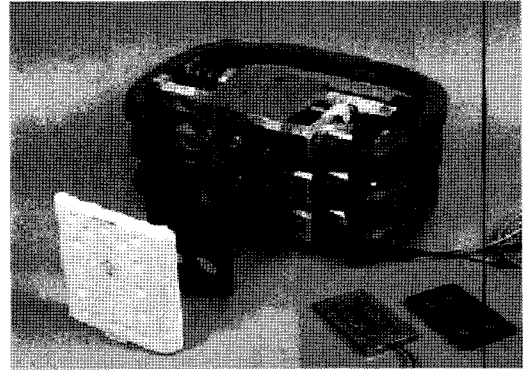


Fig. 3 ES-2 thorax assembly and back plate sensor



Fig. 4 ES-2 rib module guide system

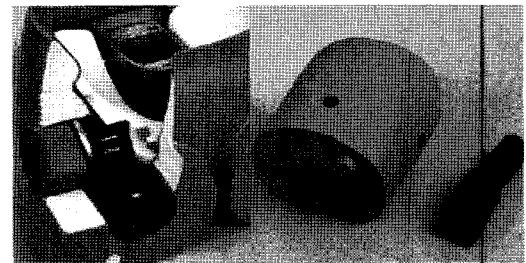


Fig. 5 ES-2 pelvis assembly and upper leg

다. Fig. 5는 ES-2의 골반부와 대퇴부이며, 골반부에서 발생하는 급속 대 급속 접촉을 피할 수 있게 설계되어있다. 대퇴부에서는 허벅지(thigh)의 중량이 인체특성과 유사하도록 허벅지 조직(thigh flesh) 밀도를 증가시키고 뼈 부위의 질량을 감소시켜 무릎과 무릎의 접촉에 의해 치골유착하중곡선이 튀는 현상을 최소화할 수 있도록 개선되었다.

Fig. 6은 EEVC에 의한 연구결과이며 유럽기준인 ECE R95에 의한 시험방법에 의해 실차시험을 통해

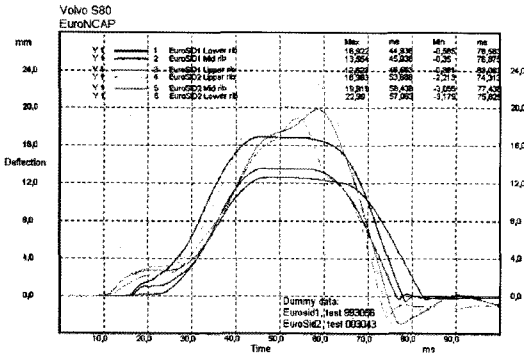


Fig. 6 ES-2 and EuroSID-1 rib responses in ECE R95 tests

EuroSID-1과 ES-2에서 구한 흉부압축변위량을 비교한 것으로, 그림에서 보는 것과 같이 ES-2에서는 Flat tops 현상이 나타나지 않는 것을 알 수 있다.^{7,8)}

EEVC와 자동차안전기준 국제조화 조사연구 결과에 의하면 ES-2에서 흉부압축변위량이나 흉부연성조직기준값의 증가에도 불구하고 EuroSID-1에 비해 인체충실도가 개선되어, 범규시험시 기준값의 만족 또는 불만족에는 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타나 있다.⁶⁻⁹⁾

5. EuroSID-2 적용에 따른 영향 고찰

EEVC의 연구결과⁷⁾에 의하면 ECE R95와 EuroNCAP 절차에 따라 측면충돌시험을 수행했을 때 Fig. 7에 나타난 것과 같이 ES-2는 Flat tops 현상이 제거되어 EuroSID-1에 비해 흉부압축변위량은 10 차종에 대해 평균적으로 21% 증가하고 흉부연성조직은 30% 증가하는 경향을 나타내고 있다. 머리상해기준은 7% 증가하고 복부내부하중은 2% 정도 증가하였으며, 치골유착하중은 다리 상부 및 무릎과 무릎의 접촉이 개선되어 평균적으로 10% 감소하는 경향을 나타내고 있다.

자동차안전기준 국제조화 조사연구⁶⁾에 의하면 ECE R95에 따라 ES-2와 프로그레시브 하니콤 (Progressive honeycomb)을 사용하여 측면충돌시험을 증형차에 대해 실시한 경우 EuroSID-1와 다층 하니콤을 사용했을 때에 비해 흉부압축변위량이 약 30% 증가하는 경향을 나타내고 있다.

EEVC와 자동차안전기준 국제조화 조사연구 결과로부터 KNCAP에서도 ES-2를 사용하게 되면 흉

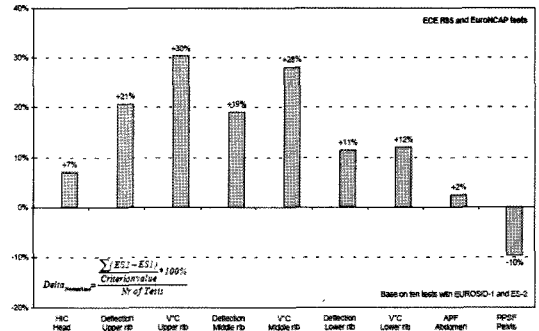


Fig. 7 Average normalized percentage of change in key measurements between ES-2 and EuroSID-1

부압축변위량은 20 ~ 30% 가량 증가할 것으로 예측되며, KNCAP의 시험속도가 ECE R95나 EuroNCAP 보다 5km/h 높으므로 흉부압축변위량은 더 증가할 가능성도 존재한다.

EEVC와 자동차안전기준 국제조화 조사연구 결과를 반영하여 KNCAP 측면충돌시험을 실시했던 차종에서 현재 판매되고 있는 차량에 대한 평가결과를 예측한 것을 Table 4에 나타내었다. 여기에서 머리상해기준과 복부내부하중 및 치골유착하중은 변하지 않고 흉부압축변위량과 흉부연성조직기준값이 각각 30% 증가한다고 가정하였다.

Table 4에 나타난 것처럼 ES-2를 사용하게 되면 평가등급에서 평균적으로 별(★) 1개가 줄어드는 것을 알 수 있다. 만약 EuroNCAP에서 채택하고 있는 것과 같이 백플레이트 하중에 의한 감점제도를 도입하게 되면 평가등급은 더욱 나빠질 것으로 예상된다.

Table 4 Estimation of test results and star ratings in KNCAP

Vehicle	C0305	M0403	C0601	C0602	M0601
HIC	200 (4.00)	153 (4.00)	125 (4.00)	155 (4.00)	195 (4.00)
RD	46.4 (0.00)	33.5 (1.70)	49.5 (0.00)	51.5 (0.00)	32.4 (1.90)
VC	1.00 (0.00)	0.31 (4.00)	0.68 (1.88)	0.74 (1.53)	0.34 (3.88)
APF	1.28 (1.63)	1.53 (1.29)	1.45 (1.40)	1.37 (1.51)	1.20 (1.73)
PSPF	4.58 (0.95)	2.15 (2.00)	3.79 (1.47)	3.12 (1.92)	2.66 (2.00)
Total	6.58	8.99	6.87	7.43	9.63
Rating	★★	★★★★	★★	★★	★★★★

법규시험이 인체모형의 변경에 크게 영향을 받지 않는 것과는 달리 인체모형을 ES-2로 변경한다면 신차안전도평가는 많은 영향을 받으며 불리하게 작용하는 것을 예상할 수 있다. 또한, KNCAP의 경우에 차량의 실제적인 안전성능은 변하지 않음에도 불구하고 평가등급이 낮아져 소비자들로 하여금 측면충돌 안전성에 대한 혼란을 가져올 수 있다. 따라서, 비교시험 등을 통해 조사연구가 수행되고, 평가등급 산정에 관련된 부분도 충분한 검토가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

6. 결론

KNCAP에서는 2003년부터 측면충돌시험을 수행하면서 국내에서 생산, 판매되는 자동차의 측면충돌 안전성을 향상시키고자 하고 있으며, 제작사도 이를 차량개발에 적극 반영하므로써 이에 대한 효과가 점차 나타나고 있다고 보고 있다.

KNCAP의 측면충돌시험에서 평가결과에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 흉부압축변위량인 것을 알 수 있으며, 이를 개선하기 위해서는 측면에어백을 장착하지 않는 한, 도어, 사이드실 및 B 필라 등과 같은 차체의 측면구조물의 강성을 충분히 확보하여야 한다.

향후 KNCAP에서는 인체모형을 EuroSID-1에서 EuroSID-2(ES-2)로 변경할 예정이다. ES-2는 EuroSID-1에서 나타나는 여러 가지 문제점을 개선하여 인체충실도를 향상시킨 것이다. 특히, 갈비뼈 변형곡선에서 나타나는 Flat Tops 현상을 제거하였으므로 동일한 구조 특성을 갖는 차량이라도 흉부압축변위량이 약 30% 가량 증가할 것으로 예측되고 있으며, 평가등급 산정에서 평균적으로 별(★) 1개를 감소시키는 등 불리한 작용을 할 것으로 예상되고 있다.

EuroSID-1에서 ES-2로의 변경은 인체충실도가 높아진 인체모형을 사용하므로써 시험 결과의 신뢰도를 높일 수 있다. 반면에, 대상 차량의 실제적인 측면충돌 안전성능은 변하지 않았음에도 불구하고, 평가등급이 한 계단 낮아져 국내 판매 차량에 대한 측면충돌 안전도가 전반적으로 감소한 것처럼 보여 소비자에게 혼란과 오해를 유발시킬 수 있는 단점

도 있다. ES-2를 도입하기 위해서는 평가등급 산정에 관한 충분한 연구 검토가 이루어져야 하며, KNCAP 시험조건에 적합하도록 평가등급 산정 방식이 개선되어야 한다.

References

- 1) MOCT, *Automobile Management Act.*, 2007.
- 2) MOCT, *Enforcement Ordinance on Korean New Car Assessment Program*, August, 2006.
- 3) MOCT, *Enforcement Ordinance on Korean Safety Standards*.
- 4) United Nations, *ECE R. 95, Uniform Provisions Concerning the Approval of Vehicles with Regard to the Protection of the Occupants in the Event of a Lateral Collision*, 1995.
- 5) *European New Car Assessment Programme, Side Impact Testing Protocol, Ver. 4.1*, EuroNCAP, 2004.
- 6) KATRI, *A Study on the Internationalization of Motor Vehicle Safety Standards, Interim Report*, 2006.
- 7) EEVC, *Development and Evaluation of the ES-2 Dummy, Working Group 12 Report, Document N° 137*, 2001.
- 8) M. V. Ratingen, "Development and Evaluation of the ES-2 Side Impact Dummy," *The 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety Vehicles (ESV)*, Amsterdam, The Netherlands, 2001.
- 9) R. R. Samaha, M. R. Maltese and J. Bolte, "Evaluation of the ES-2 Dummy in Representative Side Impacts," *The 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety Vehicles (ESV)*, Amsterdam, The Netherlands, 2001.
- 10) KATRI, *2003 Korean New Car Assessment Program, Final Report*, 2003.
- 11) KATRI, *2004 Korean New Car Assessment Program, Final Report*, 2004.
- 12) KATRI, *2005 Korean New Car Assessment Program, Final Report*, 2005.
- 13) KATRI, *2006 Korean New Car Assessment Program, Final Report*, 2006.

- 14) J. M. Lim, G. H. Kim, J. H. Song, J. S. Suk and D. S. Hwang, "Consideration for the side impact test results of KNCAP," Spring Conference Proceedings, KSAE, pp.1256-1260, 2006.
- 15) G. H. Bae, J. H. Song, H. Huh and S. H. Kim, "Optimum Design of a Center-pillar Model with a Simplified Side Impact Analysis," Transactions of KSAE, Vol.13, No.6, pp.84-92, 2005.
- 16) D. Y. Yoo, J. W. Kim, H. K. Beom and O. S. Kwon, "A Study of Numerical Analysis for Korea NCAP Side Impact," Fall Conference Proceedings, KSAE, pp.1527-1532, 2005.