

새로운 기동측면충돌 시험방법에 관한 실험적 연구

김대업^a, 우창기^{a*}

Experimental Study on a New Test Method for Pole Side Impact

Dea Up Kim^a, Chang Gi Woo^{a*}^a Department of Mechanical Engineering, Incheon National University, 119, Academy-ro, Yeonsu-gu, Incheon 22012, Korea

ARTICLE INFO

Article history:

Received	20	October	2015
Revised	18	November	2015
Accepted	2	December	2015

Keywords:

Pole side impact
EuroSID-2
Worldwide side impact dummy
New car assessment program
Global technical regulation
Anthropomorphic test device

ABSTRACT

In recent years, WorldSID has been continuously developed and investigated to be the representative biofidelic anthropomorphic test device (ATD) as well as the device for replacement of the current EuroSID-2. In Korea, the side impact accident is one of the major severe accidents in terms of the number of accidents and fatality. Since 2003, the side crash test with a speed of 50 kph in the perpendicular direction has been initiated as a safety standard with EuroSID-1 at the first stage. Simultaneously, a 55 kph impact test has been conducted as a part of Korean New Car Assessment (KNCAP). Currently, only EuroSIDE-2 is accepted as a regulatory tool for vehicle certification and KNCAP. The tests with WorldSID are conducted experimentally in order to use WorldSID of the KNCAP in near future.

1. 서론

도로교통공단의 2013년판 교통사고 요인분석에 따르면 2012년 사망자가 발생한 교통사고는 5,165건이 발생하여 5,292명이 사망하였고 3,273명의 부상자가 발생하였다. 사망자가 발생한 교통사고 중에서 측면직각충돌 사고는 745건으로 차대차 사고건수의 36.8%를 차지하였다. 또한 공작물과의 충돌사고는 580건으로 차량 단독의 사고건수의 49.1%를 나타내어 차대차 사고 중 가장 높은 빈도를 차지한다^[1]. 특히 전신주, 교통신호등, 나무 등의 공작물 충돌사고는 사고에 의한 충격이 좁은 부분에 하중이 집중되어 사고 빈도에 비해 사망자와 중상상해자 발생빈도가 매우 높다.

이에 따라 2010년 3월에 개최된 제150차 UN/ECE/WP29(UN 유럽경제위원회 작업반 29) 회의에서 호주는 기동측면충돌 평가방

법에 관한 세계기술규정(GTR: global technical regulation)의 개발을 제안하였다.

호주의 제안에 따르면 첫째, 기동측면충돌 및 기타 측면충돌로 사망하는 사람이 호주와 기타 국가에서 다수 발생하고 둘째, 측면충돌과 기동측면충돌은 규정과 표준에서 모두 큰 차이를 보였으며 셋째, 충돌시험에 사용되는 인체모형과 그 인체 충실도(biofidelity)의 기준 사이에도 큰 차이가 있어 실제 교통사고의 결과를 예측하는 효과에 의문을 나타내었고 넷째, 우수한 인체 충실도를 지닌 WorldSID의 개발로 기동측면충돌에 관한 GTR의 제정을 통해 국제 측면충돌 체계를 개선하고 나아가 자동차 운전자의 안전 보호는 물론 고객과 업계의 비용을 낮출 수 있다고 주장하였으며 다섯째, 기동측면충돌 표준은 머리 보호장치의 개선을 촉진해 측면충돌의 안전도를 끌어올릴 가능성이 상당히 높다고 주장하였다.

* Corresponding author. Tel.: +82-32-835-8413

Fax: +82-32-835-0793

E-mail address: woerwck@incheon.ac.kr (Chang Gi Woo).

이후, 2010년 11월 UN/ECE/WP29 GRSP(수동 안전분과) 산하에 전문가 그룹이 신설되어 8차 회의를 거쳐 세계기술규정(GTR: global technical regulation)을 제정하였다.

우리나라는 측면충돌사고에 따른 사상자를 감소시키고자 자동차 안전기준에 충돌시 승객보호의 인체상해기준을 규정하고 있고, 2010년부터 자동차안전도평가(NCAP: new car assessment program)에서 기동측면충돌 안전성평가를 시행하여 안전도를 확보하기 위한 노력을 지속하고 있다.

한국의 자동차안전도평가(NCAP) 또한 29 km/h, 90° 직각으로 충돌하는 기동측면충돌에서 2015년부터 32 km/h, 75° 경사로 충돌하는 새로운 기동측면충돌 시험방법으로 개정하여 수행하고 있으며 탑재되는 인체모형 역시 현재의 EuroSID-2에서 2017부터 WorldSID로의 변경을 추진하고 있다.

본 연구는 EuroSID-2를 탑재하고 29 km/h, 직각으로 충돌하는 기존의 기동측면충돌에서 WorldSID를 탑재하고 32 km/h, 75° 경사로 충돌하는 새로운 기동측면충돌 시험방법을 실차 실험을 통해 새로운 인체모형의 인체부위별, 속도별, 상해정도를 평가해 보고자 한다.

2. 기동측면충돌 시험방법

기동측면충돌 시험방법은 Table 1과 같이 국가별, 기관별로 시험방법이 다르나 크게 두 가지 방법으로 구분된다. 첫 번째는 Fig. 1 (a)처럼 대차 위에 시험차를 올려두고 지름이 245 mm인 기둥을 운전석쪽 90° 방향으로 29 km/h의 속도로 충돌하는 직각 기동측면충돌 시험방법이고, 두 번째는 Fig. 1 (b)처럼 대차 위에 시험차를 올려두고 지름이 245 mm인 기둥을 운전석쪽 75° 방향으로 32 km/h의 속도로 충돌하는 경사각 기동측면충돌 시험방법이다.

전자의 방법은 한국, 유럽, 호주에서 적용하고 있으며 후자의 방법은 미국에서 적용하는 방법이다. 한국은 2015년부터 기존의 29 km/h 직각 기동측면충돌 시험방법에서 32 km/h 75° 경사각 기동측면충돌 시험방법으로 개정하여 시행하고 있다.

Table 1 Current pole test procedures

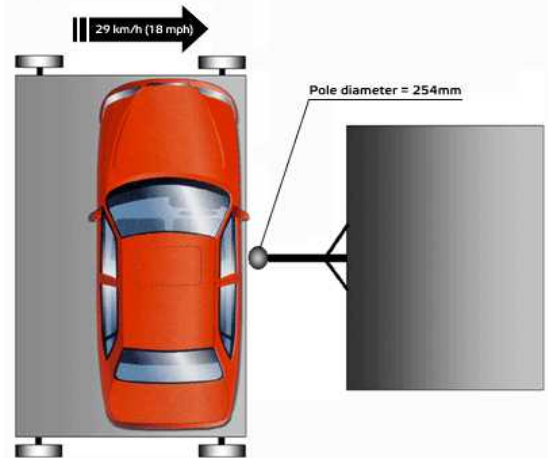
	Impact Angle	Impact Velocity	Dummy
US FMVSS 201	90°	29 km/h	SID H3
US FMVSS 214	75°	26~32 km/h	ES 2re
U.S. NCAP	75°	32 km/h	SID 2a
EuroNCAP	90°	29 km/h	ES 2
KNCAP	90°	29 km/h	ES 2
ANCAP	90°	29 km/h	ES 2

3. 인체모형

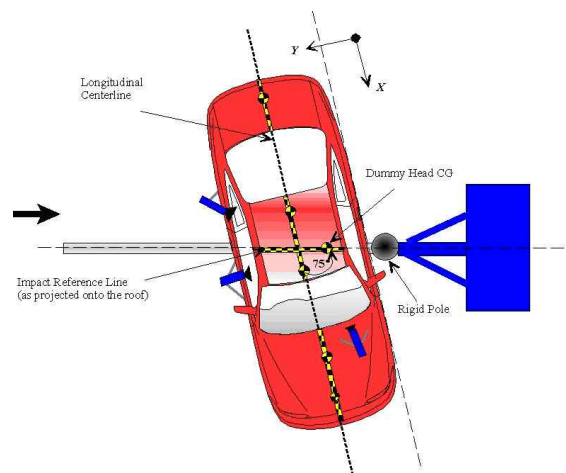
3.1 EuroSID-2

Fig. 2의 EuroSID-2는 한국과 유럽에서는 2004년부터 법규시험 뿐만 아니라 NCAP에서도 사용하는 대표적인 측면충돌용 인체모형이다. EuroSID-2는 EuroSID-1에 비해 여러 가지 측면에서 인체충실도를 높여 개선한 인체모형이며, 특히 EuroSID-1에서 나타나는 갈비뼈 부위의 흉부압축 변위량 곡선이 피크부근에서 평평하게 되는 현상을 개선한 것이다. 이에 따라 EuroSID-2로 측면충돌 시험을 수행하게 되면 EuroSID-1보다 흉부 압축변위량이 커지게 되어 평가 결과에 불리하게 작용한다.

EuroSID-2는 이전에 사용되어 온 EuroSID-1의 인체충실도(biofidelity)를 개선하기 위하여 EEVC(european enhanced vehicle-safety committee) Working Group 12를 통해 개발된 것이다. EuroSID-1은 그 동안 갈비뼈 모듈의 감김 현상과 흉부



(a) Perpendicular method



(b) Oblique method

Fig. 1 Scene of pole side impact

백플레이트(torso backplate)의 간섭에 의해 나타나는 흉부 압축변위량 곡선의 ‘flat tops’(피크 부근에서 평평하게 나타나는 현상), 백플레이트가 좌석 등받이로 파고드는 현상, 대퇴부 상부가 치골(pubic) 로드셀(loadcell) 장치와 접촉하는 현상, 치골 유착하중 곡선이 무릎의 접촉에 의해 튀는 현상 등이 제기되어 왔다.

EuroSID-2는 가슴변위센서 가이드 시스템의 개선, backplate loadcell의 장착, 하체 상부의 디자인 개선 등으로 EuroSID-1에서 지속적으로 제기된 문제점을 개선하고 인체충실도를 증가시켰다. UN R95는 2003년부터 단계적으로 개정되어 개선된 EuroSID-2를 사용하고 있다. EuroSID-2는 2004년부터 선택적으로 사용하였고, 2007년부터는 신규 자동차에 사용하였으며, 2011년부터 판매되는 모든 자동차에 의무적으로 사용하도록 규정하고 있다^{2,3)}.

3.2 WorldSID

Fig. 3의 WorldSID는 측면충돌에서 탑승자 상해위험 평가를 위해 사용되는 세계적으로 조화된 측면충돌용 인체모형(worldwide harmonized side impact)이다. WorldSID는 정부기관과 업계가 공동으로 개발한 것으로 현재 측면충돌시험에 사용되고 있는 인체모형보다 더 향상된 인체충실도를 보인다. WorldSID 50%ile 남성은 어깨의 동작 및 변위 검출의 폭이 더 넓고 어깨와 흉부의 움직임이 인간과 유사하며 외부 충격에 인체와 흡사하게 반응할 뿐만 아니라 복부변위 검출 능력도 더 뛰어나다. 또한 WorldSID은 많은 충돌조건에 대한 연구뿐만 아니라 법규시험을 위한 표준으로서 설계되었다.



Fig. 2 Image of EuroSID-2



Fig. 3 Image of WorldSID

WorldSID를 개발하게 된 주요 동기는 두 가지다. 첫 번째는 측면충돌에서 인간의 반응이 진보된 이해가 더 강력한 인체모형 디자인을 유도하여 탑승자 보호의 향상이며, 두 번째는 평가방법의 국제적인 조화를 통해 다른 여러 인체모형의 사용을 단일화하는 것이다.

현재 NCAP을 시행하는 많은 기관에서 EuroSID-2(ES-2) 50%ile 남성을 기동측면충돌 시험에 이용하고 있으며 FMVSS 214는 ES-2re 50%ile 남성을 기동측면충돌 시험용으로 지정하고 있다. 그러나 미국 교통부는 WorldSID 50%ile 남성이 ES-2 50%ile와 ES-2re보다 인체 충실도가 상당히 더 높다는 사실을 연구를 통해 밝혀냈다^{4,5)}.

WorldSID를 개발하게 된 주요 동기는 두 가지다. 첫 번째는 측면충돌에서 인간의 반응이 진보된 이해가 더 강력한 인체모형 디자인을 유도하여 탑승자 보호의 향상이며, 두 번째는 평가방법의 국제적인 조화를 통해 다른 여러 인체모형의 사용을 단일화하는 것이다.

4. 시험자동차 및 방법

4.1 시험자동차

시험에 사용된 자동차는 상해값이 대형자동차보다 전반적으로 높게 나타날 수 있는 소형자동차 중에서 대표적인 자동차인 (주)기아자동차의 프라이드로 Fig. 4와 같으며 시험자동차에 대한 정보는 Table 2와 같다.

4.2 시험방법

(주)기아자동차 프라이드 자동차로 첫 번째, 시험속도 29 km/h로 EuroSID-2 탑재하여 직각기동측면충돌 시험을 두 번째, 시험속도 32 km/h로 EuroSID-2 탑재하여 75° 경사각기동측면 충돌시험을 세 번째, 시험속도 32 km/h로 WorldSID를 탑재하여 75° 경사각 기동측면 충돌시험을 수행하였다. 인체모형 착석에 관한 절차를 제외하고 시험의 절차와, 평가방법은 자동차안전도평가 등에 관한 규정에 따라 수행하였으며, 시험조건은 Table 3에 나타내었다.

모든 시험은 인체모형의 거동을 확인하기 위해 1초당 1,000프레임의 사진을 찍을 수 있는 고속카메라 6대로 촬영을 하였다.



Fig. 4 Test vehicle

Table 2 Test vehicle specifications

Manufacture	Kia Motors
Model Name	Pride
Category	Passenger Car
Engine	Gama 1.4 gasoline
Wheelbase	2,570 mm

Table 3 Test conditions

	Test #1	Test #2	Test #3
Test date	2012. 5 10	2012. 6. 14	2012. 9. 6
Dummy	EuroSID-2	EuroSID-2	WorldSID
Impact Velocity	29km/h	32km/h	32km/h
Impact angle	90°	75°	75°
Test weight	1,234kg	1,265kg	1,255kg
Seatback angle	21°	21°	21°
Seat position	Forward 100 mm From rearmost		
Steering column	67.5°	67.5°	67.5°

5. 시험결과

5.1 시험사진

EuroSID-2를 탑재한 29 km/h 직각기동측면충돌 시험(Test #1)의 전후 사진을 Fig. 5에, EuroSID-2를 탑재한 32 km/h 75° 경사각기동측면충돌 시험(Test #2)의 전후 사진을 Fig. 6에, WorldSID를 탑재한 32 km/h 75° 경사각기동측면충돌 시험(Test #3)의 전후 사진을 Fig. 7에 나타내었다.

Test #1~3 모두 목표시험속도로 목표충돌지점에 정확히 충격이 이루어졌으며, 측면에어백과 커튼에어백이 정상적으로 작동하였고, 좌석벨트의 프리텐서서와 로드리미터 또한 정상적으로 작동하였다.

5.2 시험결과

EuroSID-2를 탑재한 29 km/h 90° 직각기동측면충돌 시험(Test #1)의 결과를 Table 4에, EuroSID-2를 탑재한 32 km/h 75° 경사각기동측면충돌 시험(Test #2)의 결과를 Table 5에 WorldSID를 탑재한 32 km/h 75° 경사각기동측면충돌 시험(Test #3)의 결과를 Table 6로 나타내었다.

Table 4~6의 시험결과에서 Table 6의 머리상해를 제외하고 IARV(injury assessment reference value) 대비 100%를 넘는 인체상해부위는 없었다. 치골을 제외하고 Table 5의 인체상해결과는 Table 4의 인체상해 결과보다 모든 인체부위에서 더 높은 수준의 상해위험을 나타내었다. 이는 충돌속도 증가로 충돌에너지가 증가



(a) Pre test



(b) Post test

Fig. 5 Scene of perpendicular pole test with ES-2 (Test #1)

(a) Pre Test



(b) Post Test

Fig. 6 Scene of oblique pole test with ES-2 (Test #2)

한 결과로 판단되며, 치골의 경우 인체모형의 상부(머리, 흉부)에 강한 충격의 반동으로 인체모형의 하부(치골)부위에 상대적으로 약한 충격이 가해졌기 때문이다.

동일한 속도와 동일한 경사각(75°)으로 시험한 Test #2와 #3은 동일한 차량의 움직임과 변형양상을 보였고, 고속카메라 영상분석 결과 인체모형의 거동 또한 거의 유사한 것으로 확인하였다.

5.3 시험결과 고찰

EuroSID-2를 탑재한 32 kph, 75° 경사각 기동측면충돌의 상해



(a) Pre test



(b) Post test

Fig. 7 Scene of oblique pole test with WorldSID (Test #3)

Table 4 Perpendicular pole test result with ES-2 (Test #1)

		Unit	Injury Value	IARV's	Ratio
Head	HIC36		318	1,000	32%
Thorax Ribs	Deflection	mm	26.5	44	60%
	V.C.	m/s	0.19	1.0	19%
Backplate	Force (y)	kN	0.3	4.0	8%
T12	Force (y)	kN	1.21	2.0	61%
	Moment (x)	Nm	16	200	8%
Abdomen	Force	kN	1.23	2.5	49%
Pubic	Force	kN	5.56	6.0	93%

Table 5 Oblique pole test result with ES-2 (Test #2)

		Unit	Injury Value	IARV's	Ratio
Head	HIC36		363	1,000	36%
Thorax Ribs	Deflection	mm	36.9	44	84%
	V.C.	m/s	0.19	1.0	19%
Backplate	Force (y)	kN	0.6	4.0	15%
T12	Force (y)	kN	1.46	2.0	73%
	Moment (x)	Nm	109.5	200	55%
Abdomen	Force	kN	1.25	2.5	50%
Pubic	Force	kN	1.83	6.0	31%

는 29 kph의 직각 기동측면충돌보다 더 높은 수준의 상해위험을 나타내었다. 75° 경사각 기동측면충돌에서 상해위험의 수준은 WorldSID와 EuroSID-2 모두 복부와 치골부위에서 유사하게 평

Table 6 Oblique pole test result with WorldSID (Test #3)

		Unit	Injury Value	IARV's	Ratio
Head	HIC36		1,745	1,000	175%
Thorax Ribs	Deflection	mm	24.7	58.1	42%
	Deflection	mm	33.5	79.8	42%
Pelvis	Force	kN	0.95	3.365	28%

가되었다. 75° 경사각 기동측면충돌에서 WorldSID 상해가 머리 상해를 제외하고 EuroSID-2보다 더 낮게 평가되었으며 EuroSID-2의 머리상해는 다량의 노이즈가 포함되어 필터링을 하였어도 정확한 머리상해값을 산출하지 못하였다. 75° 경사각 기동측면충돌에서 EuroSID-2의 갈비뼈 변형 상해위험은 84%인 반면, WorldSID는 42%를 기록하였다.

WorldSID의 가슴 변위가 EuroSID-2 가슴 변위보다 작게 측정되었다. 이는 WorldSID의 림(Rib)의 케이지 구조가 기존의 EuroSID-2 보다 더 유연하고 독립적으로 움직이기 때문으로 사료된다.

6. 결론

본 연구는 EuroSID-2를 탑재하고 29 km/h, 직각으로 충돌하는 기존의 기동측면충돌에서 WorldSID를 탑재하고 32 km/h, 75° 경사로 충돌하는 새로운 기동측면충돌 시험방법을 실차 실험을 통해 새로운 인체모형의 인체부위별, 속도별, 상해정도를 평가하기 위함이다.

EuroSID-2를 탑재한 32 kph, 75° 경사각 기동측면충돌시험결과과의 상해는 29 kph의 직각 기동측면충돌의 시험결과 보다 더 높은 수준의 상해위험을 나타내 2015년부터 KNCAP에서 채택한 EuroSID-2를 탑재한 32 kph, 75° 경사각 기동측면충돌안전성평가가 차량의 안전성능을 향상시킬 것으로 사료된다.

EuroSID-2와 WorldSID를 각각 탑재하고 32 kph, 75° 경사각 기동측면충돌시험에서 머리부위를 제외하고 복부, 치골부위에서 유사하게 평가되어 EuroSID-2를 대체하기 위해 최근 새롭게 개발된 WorldSID가 기존의 EuroSID-2에 비해 복부, 치골부위에서 크게 변별력이 없음을 확인하였다.

후기

이 연구는 2013년도 인천대학교 자체연구비 지원에 의해 수행되었음.

References

- [1] Korea Road Traffic Authority, 2013, Traffic Accident Statistical Analysis, Korea Moonhwa-Printing Association of Person with Disabilities.
- [2] Iwata, K., Tatsu, K., Saeki, H., Okabe, T., 2013, Comparison of Dummy Kinematics and Injury Response between World SID and ES-2 Side Impact, SAE Int. J. Trans. Safety, 1:1 192-199.
- [3] Youn, Y. H., Lee, E. D., Kim, D. U., 2013, A Comparison Study of Tow Side Impact Dummies Based on the Probability of Injury Risk Curves, 23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicle, 1942-1948.
- [4] Chang, H. J., Kim, D. Y., Lee, C. S., Kim, D. U., Shin, S. J., Kim, G. H., 2012, An Experimental Study on the Characteristics of Driver and Passenger Injury as Side Impact, KSPE Spring Conference, 1105-1106.
- [5] Kim, G. W., 2012, A Comparison Study on Vehicle Crash Characteristics and Dummy Characteristics for Pole Side Impact, A Thesis for a Master, Korea University of technology of technology & Education, Republic of Korea.