

차 대 차 정면충돌시험을 통한 상호안전성 연구

박인송¹⁾ · 김관희^{*1)} · 홍승준²⁾

보험개발원 자동차기술연구소¹⁾ · 삼성교통안전문화연구소²⁾

Research on Vehicle Crash Compatibility Through Car to Car Frontal Crash Test

Insong Park¹⁾ · Guanhee Kim^{*1)} · Seungjun Hong²⁾

¹⁾Korea Insurance Development Institute, 125-1 Susan-2ri, Seolseong-Myeon, Icheon-si, Gyeonggi 467-882, Korea

²⁾Samsung Traffic Safety Research Institute, 7rd Floor, Samsung Bldg. Eulgiro-1ga, Jung-gu, Seoul 100-191, Korea

(Received 20 December 2006 / Accepted 30 March 2007)

Abstract : Since 2000, sports utility vehicles(SUVs) occupy about 40% of domestic vehicle sales. As sports utility vehicle sales are increased the probability of crash accident between SUVs and passenger vehicles increases. Generally, SUVs are heavier than passenger vehicles and their drive height and front end stiffness are higher than passenger vehicles. Because of these characteristics SUVs cause more severe injury and fatal injury in SUV to passenger vehicle head-on impact. To evaluate SUV's aggressivity to passenger vehicle, we carried out SUV to passenger vehicle head-on crash test. And finally the way how to reduce incompatibility between SUVs and passenger vehicles is suggested.

Key words : SUV(스포츠 유틸리티 차량), Drive height(주행 높이), Car to car crash(차 대 차 충돌), Crash compatibility(충돌 상호 안전성), Aggressivity(공격성)

Nomenclature

HIC : head injury criteria, g
F : force, kN
M : moment, Nm

Subscripts

T : tension
E : extension
Z : vertical direction
Y : lateral direction

1. 서론

주 5일제의 확대 시행에 따른 여가활동에 대한 관심증가로 SUV(RV차량 포함)의 판매량이 지속적으로 증가하여 2000년 이후 승용차량 내수판매의 약 40%를 점유하고 있다.¹⁾ 최근 자동차 세제변경 및 유류비 증가로 인해 판매 추이가 다소 둔화되기는 하였으나 자동차 제작사의 지속적인 신차 출시로 인해 당분간 일정수준의 판매율을 유지할 것으로 예상된다.

SUV차량은 일반적으로 승용차량에 비해 주행 높이(범퍼높이 및 사이드 멤버 높이 등)가 높고, 중량이 무거우며 전면의 강성이 크다. 이러한 요소는 SUV와 승용차량 간의 충돌 상호안전성에 대한 문

*Corresponding author, E-mail: kimguanhee@hanmail.net

제를 야기시키고 또한 승용차에 대한 공격성을 증가시키는 요인으로 작용한다. 외국의 몇몇 연구에서는 SUV 전면 기하학적 형상이 승용차량에 대한 공격성을 증가시키는 요인임을 강조하고 있다.^{2,3)}

승용차량에 대한 SUV의 공격성을 평가하기 위해 준중형 승용차량과 SUV차량에 대한 차 대 차 충돌 시험을 실시하였다.

2. 연구방법

승용차량에 대한 SUV차량의 공격성을 평가하기 위해 동일한 준중형 승용차량을 SUV와 다른 준중형 승용차량에 대해 50km/h, 50% offset으로 정면충돌 시험을 실시하였다.

또한 충돌 시 탑승자의 부상 위험도를 분석하기 위해 운전석에 충돌시험용 인체모형인 Hybrid III 50th percentile 남성 더미를 탑재하여 각 신체부위별 부상위험을 평가하였다.

더미에서 측정한 데이터와 함께 충돌 시 승객룸의 변형정도(충돌 시 차체가 승객룸 안으로 침입하는 정도)와 구속장치 적정성 및 더미 거동을 평가하여 차량의 탑승자 보호성능에 대해 종합적인 평가를 실시하였다.

2.1 절 시험 대상 차량

본 연구를 위해 SUV와 준중형 승용차에 대한 충

Table 1 Vehicle to be tested

승용차 vs SUV	
아반떼 XD	렉스톤
아반떼 XD	스포티지
승용차 vs 승용차	
아반떼 XD	라세티

Table 2 Vehicle specification

차명	아반떼XD	렉스톤	스포티지	라세티
제작사	현대	쌍용	기아	GM대우
제작년도	2005	2005	2005	2005
공차중량(kg)	1,200	1,925	1,540	1,180
전폭(mm)	1,725	1,870	1,820	1,725
범퍼레일 높이(mm)	468	494.5	455.3	476.3
사이드멤버 높이(mm)	463.5	479.2	522.8	475.2

돌시험을 2회, 준중형 승용차와 준중형 승용차에 대한 충돌시험을 1회 실시하였다. Table 1에 연구에 사용된 차량을 나타내었다.

또한 시험차량의 제원은 Table 2에 나타내었다.

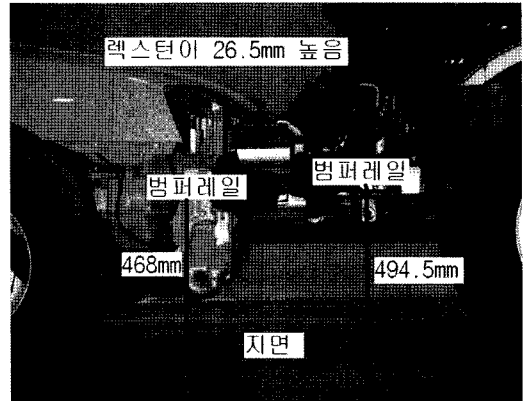


Photo. 1 Front end mismatch between Avante XD and Rexton

Photo. 1에 나타난 것과 같이 충돌 시 충돌에너지를 흡수하는 부재인 범퍼레일이 렉스톤이 아반떼 XD보다 약 26.5mm 높은 위치에 장착되어있음을 알 수 있다.

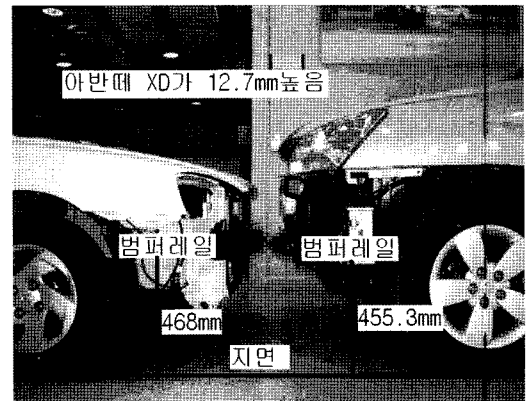


Photo. 2 Front end mismatch between Avante XD and Sportage

스포티지의 경우 범퍼레일의 높이를 낮추기 위해 사이드 멤버 아래에 구조물을 장착하고 이 구조물에 범퍼레일을 장착하였다. 그 결과 스포티지의 범퍼레일이 아반떼 XD의 범퍼레일보다 12.7mm 낮게 나타났다(Photo. 2 참조).

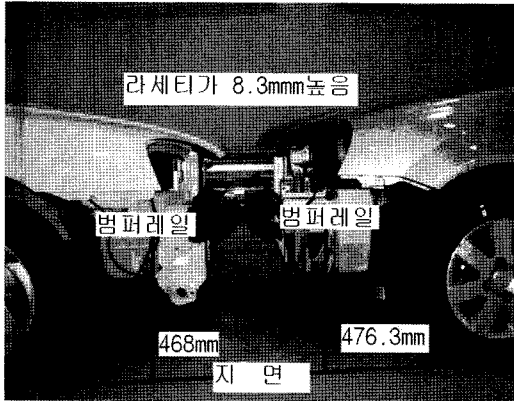


Photo. 3 Front end mismatch between Avante XD and Lacetti

Photo. 3에 나타난 것과 같이 라세티의 범퍼레일이 아반떼 XD보다 8.3mm 높은 것으로 나타났다. 아반떼 XD와 라세티는 모두 준중형 승용차로 큰 차이가 발생하지 않은 것으로 보인다.

2.2 절 시험 유형

두 대의 차량이 서로 마주보고 50km/h의 속도로 주행하다 정면으로 충돌한다. 이 때 아반떼 XD의 전폭을 기준으로 50% offset으로 충돌한다. 아반떼 XD의 전폭을 기준으로 사용했기 때문에 렉스턴은 46%, 스포티지는 47%, 그리고 라세티는 50%가 겹쳐지게 된다.

이러한 50km/h, 50%offset 정면충돌 시험유형은 EEVC Working Group11에서 56km/h 전폭 고정벽 정면충돌 시험을 가장 잘 대표하는 차 대 차 충돌시험 유형으로 선정한 것이다.⁴⁾

2.3 절 결과 분석 방법

더미에 기록된 데이터를 기초로 한 인체상해 위험도와 충돌 시 승객룸을 침입하는 차체 변형 그리고 구속장치 및 더미거동에 대한 평가를 종합적으로 실시하였다.

2.3.1 항 인체상해 위험도⁵⁾

신체 부위를 머리와 목, 가슴, 왼쪽 다리와 발, 그리고 오른쪽 다리와 발의 네 부분으로 나누어서 더미 데이터에 근거하여 1등급, 2등급, 3등급, 그리고 4등급으로 평가하였다.

Table 3 Injury criteria for head and neck

신체 부위	파라 메타	기준값	1등급-2등급	2등급-3등급	3등급-4등급
머리와 목	HIC-15	700	560	700	840
	Nij	1.0	0.8	1.0	1.2
	목인장 (kN)	3.3	2.6	3.3	4.0
	목압축 (kN)	4.0	3.2	4.0	4.8

Table 4 Injury criteria for chest

신체 부위	파라 메타	기준값	1등급-2등급	2등급-3등급	3등급-4등급
가슴	가속도 (3ms,g)	60	60	75	90
	흉골압축 (mm)	-50	-50	-60	-75
	압축률 (ms/s)	-8.2	-6.6	-8.2	-9.8
	점성기준 (m/s)	1.0	0.8	1.0	1.2

Table 5 Injury criteria for right and left leg

신체 부위	파라 메타	기준값	1등급-2등급	2등급-3등급	3등급-4등급
다리와 발	대퇴부 하중 (kN)	-9.1	-7.3	-9.1	-10.9
	정강이 변위 (mm)	-15	-12	-15	-18
	정강이 지수	1.00	0.80	1.00	1.20
	정강이 하중 (kN)	-8.0	-4.0	-6.0	-8.0
	발가속도 (g)	150	150	200	260

$$HIC15 = \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \int_{t_1}^{t_2} a_r dt \right]^{2.5} (t_2 - t_1) \tag{1}$$

where a_r : head resultant acceleration(g)

$$NTE = \frac{+F_z}{6806} + \frac{-M_y}{135} \tag{2}$$

2.3.2 항 차체 구조 안전도⁶⁾

충돌 시 차량의 footrest, 왼쪽과 오른쪽 계기판, 브레이크 페달, 왼쪽/중앙/오른쪽 toepan, A-pillar가 승객룸으로 침입하는 정도를 측정하여 등급을 결정한다.

계측한 값이 서로 다른 등급에 포함될 경우에는 더 많은 계측값이 포함된 등급을 최종 등급으로 결정한다.

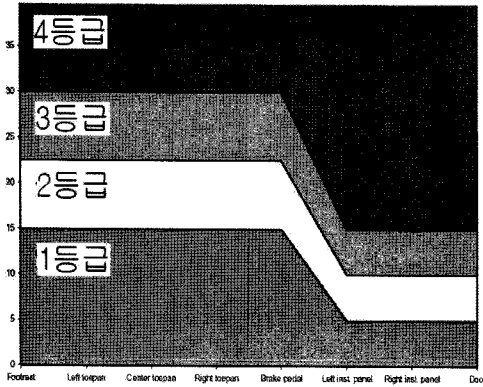


Fig. 1 Guideline for structural rating

2.3.3 향 구속장치 및 더미 거동⁷⁾

충돌 시 구속장치(안전벨트, 에어백 등)가 탑승자를 보호하기 위해 적절하게 작동했는지, 또한 승객이 차량 내부의 단단한 부분과 접촉했는지의 여부를 판단하여 등급을 결정한다.

3. 연구결과

승용차량과 SUV의 정면충돌 사고에서 승용차량 탑승자에 대한 SUV의 공격성을 알아보기 위해 SUV와 준중형 승용차량에 대한 시험을 실시하고, 이 결과를 준중형 승용차량과 준중형 승용차량의 충돌 결과와 비교분석하였다.

렉스턴과 충돌한 아반떼 XD를 아반떼 1로, 스포티지와 충돌한 아반떼 XD를 아반떼 2로, 그리고 라세티와 충돌한 아반떼 XD를 아반떼 3로 표기하였다.

3.1 절 머리와 목 상해 위험도

아반떼 XD의 운전석에 탑재한 더미에 기록된 머리와 목의 상해 위험도는 Table 6과 같다. 렉스턴과 충돌한 아반떼 XD의 부상위험이 가장 크게 나타났으나 스포티지와 충돌한 아반떼 XD보다는 라세티와 충돌한 아반떼 XD의 부상위험이 크다. 이러한 결과를 통해 정면충돌 시 탑승자의 머리와 목의 부

상위험은 충돌차량의 중량보다는 주행높이 등 기하학적 형상에 더 큰 영향을 받는다는 사실을 알 수 있다.

Table 6 Head and neck injury measure

파라메타	아반떼 1	아반떼 2	아반떼 3
HIC15	694.1	302.6	580.9
NTE	0.32	0.28	0.43
목인장 (kN)	1.97	1.58	1.90
목압축 (kN)	1.21	0.14	1.05

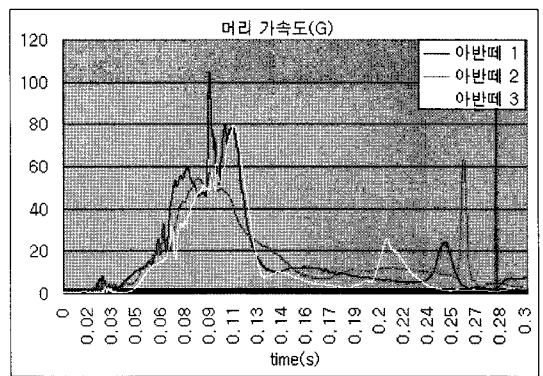


Fig. 2 Head acceleration of driver dummy

Fig. 2에서 알 수 있듯이 렉스턴과 충돌한 아반떼 XD 차량에 탑재한 더미의 충돌 초기 머리 가속도가 100g를 초과한다. 이러한 결과를 통해 더미의 머리가 전개된 에어백을 통해 운전대와 강하게 충돌한 사실을 알 수 있다.

3.2 절 가슴 상해 위험도

아반떼 XD의 운전석에 탑재한 더미에 기록된 가슴 상해 위험도는 Table 7과 같다. 가슴 상해 위험도의 경우 세 차량에서 큰 차이가 발생하지는 않았다. 이러한 사실은 충돌 시 더미가 안전벨트에 의해 적절하게 구속되었음을 보여준다.

Table 7 Chest injury measure

파라메타	아반떼 1	아반떼 2	아반떼 3
가속도 (3ms,g)	48	42.2	37.7
흉골압축 (mm)	-38.14	-31.89	-29.62
압축률 (ms/s)	-1.57	-1.61	-1.67
접성기준 (m/s)	0.2	0.2	0.2

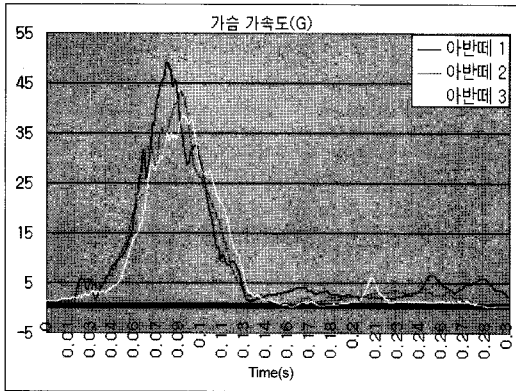


Fig. 3 Chest acceleration of driver dummy

렉스턴과 충돌한 아반떼 XD의 운전석에 탑재한 더미에서 가장 큰 가슴 가속도가 기록되었으나 중상의 상해가 발생하는 기준인 60g보다는 매우 낮다. 또한 차량 내부의 단단한 부분과의 충돌도 발생하지 않은 것으로 판단된다.

3.3 절 다리와 발 상해 위험도

다리와 발의 부상위험도는 다른 부상 파라메타와 동일하게 렉스턴과 충돌한 아반떼 XD의 운전석에 탑재한 더미에서 가장 큰 값이 기록되었다.

오른쪽 다리와 발에 기록된 대부분의 부상 파라메타가 왼쪽 다리와 발에 기록된 부상파라메타 보다 크게 나타났다. 이것은 차량 내부의 구조로 인해 더미의 오른쪽 다리가 왼쪽 다리에 비해 차량 내부의 구조물과 가깝게 위치하기 때문에 충돌 시 오른쪽 다리가 차량 내부 구조물과 충돌할 가능성이 크기 때문으로 판단된다.

Table 8 Leg and foot injury measure

파라메타		아반떼 1	아반떼 2	아반떼 3	
대퇴부 하중 (kN)	좌	-9.6	-6.8	-0.8	
	우	-13.4	-10.8	-7.7	
정강이 지수	좌	상	1.74	0.49	0.43
		하	0.89	0.60	0.39
	우	상	0.81	0.64	0.76
		하	0.91	0.76	0.52
정강이 하중 (kN)	좌	-0.25	-0.23	-0.06	
	우	-0.12	-0.25	-0.15	
발가속도 (g)	좌	102.8	66.4	90.7	
	우	191.0	127.3	186.3	

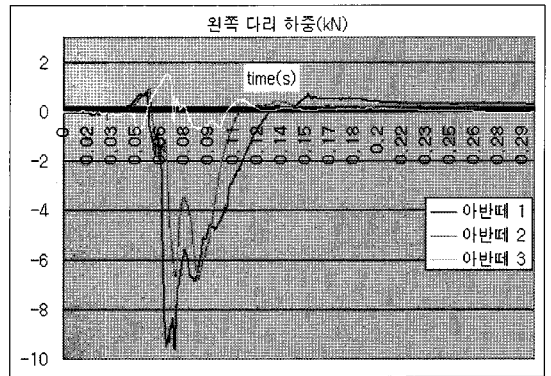


Fig. 4 Left Femur load of driver dummy

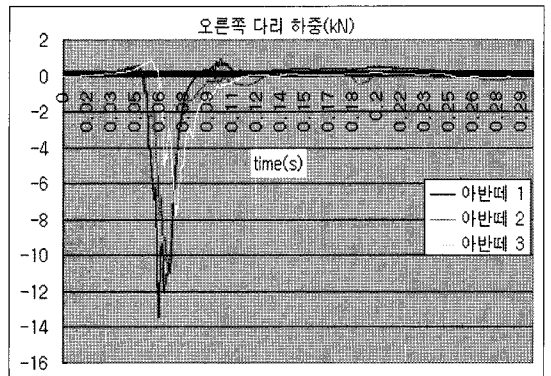


Fig. 5 Right Femur load of driver dummy

3.4 절 차체 구조 안전도

브레이크 페달과 왼쪽 및 오른쪽 계기판 하단을 제외하고 승객룸 내부로 큰 침입이 발생하지 않았다. 왼쪽 및 오른쪽 계기판 하단의 침입은 큰 다리 하중을 유발하는 원인이 된다.

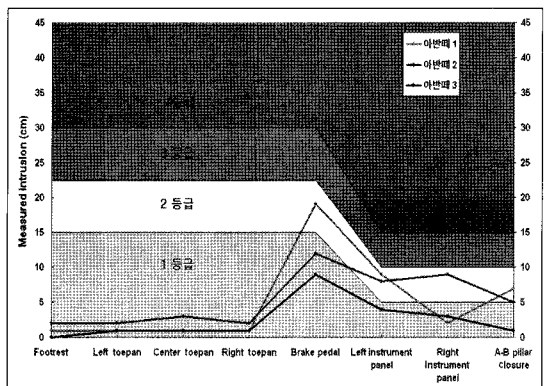


Fig. 6 Vehicle structure

3.5 절 구속장치 및 더미거동

렉스턴과 충돌한 아반떼 XD의 경우 충돌 시 운전석 도어가 개방되었다. 이러한 현상은 실제 사고에서 운전자의 부상 위험을 증가시킬 수 있다. 스포티지와 충돌한 경우 더미의 머리가 B-pillar와 강하게 충돌하여 약 64G의 머리 가속도가 발생했다. 라세티와 충돌한 경우는 더미가 구속장치에 의해 적절한 보호를 받지 못해 충돌 시 더미가 공중으로 뿔뿔이 떨어지는 현상이 발생하였다.

3.6 절 아반떼 XD의 탑승자 보호성능

충돌시험을 통한 아반떼 XD의 각 항목별 등급을 Table 9에 나타내었다.

Table 9 Occupant protection rating

구분	아반떼 1	아반떼 2	아반떼 3
머리와 목	2등급	1등급	2등급
가슴	1등급	1등급	1등급
왼쪽 다리와 발	4등급	1등급	1등급
오른쪽 다리와 발	4등급	3등급	2등급
차체 구조	2등급	2등급	1등급
구속 장치	4등급	2등급	3등급
종합	4등급	2등급	2등급

4. 결 론

1) 차 대 차 정면충돌 시 상대 차량의 중량보다는 전면의 기하학적 형상이 충돌 상호안전성에 더 큰 영향을 준다. 중량이 크고 주행 높이가 높은 렉스턴과 충돌한 아반떼 XD의 승객보호성능이 4등급인 반면 중량은 크나 주행 높이는 낮은 스포티지와 충돌한 아반떼 XD의 승객보호성능은 준중형 승용차인 라세티와 충돌한 경우와 동일한 2등급으로 나타났다.

2) SUV의 범퍼높이를 승용차 수준으로 낮춤으로써 승용차량에 대한 SUV의 공격성을 크게 감소시킬 수 있다. 그러므로 SUV의 범퍼높이를 승용차 수준으로 제한하는 제도가 도입되면 차 대 차 정면충돌에서 발생하는 중상 또는 사상자를 많이 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

References

- 1) Korea Automobile Manufacturers Association, Korea Automobile Industry, p.43, 2000.
- 2) F. Hartemann, J. Y. Foret-Bruno, C. Thomas and C. Tarriere, "Influence of Mass Ratio and Structural Compatibility on the Severity of Injuries Sustained by the Near Side Occupants in Car-to-Car Side Collisions," Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pennsylvania, USA, pp.235-259, 1979.
- 3) P. Frei, R. Kaeser, R. Hafner, M. Schmid, A. Dragan, L. Wingeier, M. H. Muser, P. F. Niederer and F. H. Walz, "Crashworthiness and Compatibility of Low Mass Vehicles in Collisions," Society of Automotive Engineers, Warrendale, Pennsylvania, USA, pp.119-128, 1992.
- 4) R. W. Lowne, EEVC Working Group 11 Report on the Development of a front Impact Test Procedure, pp.1-20, 1994.
- 5) Insurance Institute for Highway Safety, Frontal Offset Crashworthiness Evaluation Guidelines for Rating Injury Measures, pp.1-9, 2004.
- 6) Insurance Institute for Highway Safety, Frontal Offset Crashworthiness Evaluation Guidelines for Rating Structural Performance, pp.1-3, 2002.
- 7) Insurance Institute for Highway Safety, Frontal Offset Crashworthiness Evaluation Guidelines for Rating Restraints and Dummy Kinematics, pp.1-10, 2004.