

동일 승용차량에 대한 RCAR 신·구 충돌시험을 통한 차체 충돌특성에 관한 연구

임종훈^{*1)} · 박인송¹⁾ · 허승진²⁾

보험개발원 자동차기술연구소¹⁾ · 국민대학교 자동차공학 전문대학원²⁾

A Study on Vehicle Crash Characteristics with RCAR Crash Test in Compliance with the New Test Condition

Jonghun Lim^{*1)} · Insong Park¹⁾ · Seungjin Heo²⁾

¹⁾Automobile Technology Department for Korea Automobile Insurance Repair Research & Training Center(KART), 125-1 Susan-2ri, Sulsung-myeon, Icheon 467-882, Korea

²⁾School of Mechanical and Automotive Engineering, Kookmin University, Seoul 136-702, Korea

(Received 26 May 2006 / Accepted 23 June 2006)

Abstract : This research investigates vehicle structure acceleration and vehicle deformation with RCAR crash test. To investigate vehicle damage characteristics in an individual case, it is possible to RCAR low speed crash test. In this study, two tests were conducted to evaluate difference between RCAR new condition and RCAR old condition. A two large vehicles were subjected to a frontal crash test at a speed of 15km/h with an offset of 40% 10° angle barrier and flat barrier. The results of the 15km/h with an offset of 40% 10° angle barrier revealed high acceleration value on the vehicle structure and high repair cost compared to the RCAR 15km/h with an offset of 40% flat barrier. So in order to improve damage characteristics in low speed crash of vehicle structure and body component of the monocoque type passenger vehicles, the end of front side member and front back beam should be designed with optimum level and to supply the end of front side member as a partial condition approx 300mm.

Key words : RCAR(세계 자동차 수리기술 연구 위원회), ECV(전자제어 구동장치), Standard curb weight(공차중량)

1. 서론

현재의 많은 인체상해 안전 및 차량의 구조특성 평가를 위한 충돌시험들은 저속 또는 고속 충돌시험 조건으로 실시되고 있으며, 차량의 손상성 수리성 평가를 위한 저속 충돌시험은 RCAR (Research Council for Automobile Repairs) 충돌시험 조건에 준하여 실시되고 있다.¹⁾ 차량의 손상성 수리성 평가는 동일한 충돌 사고 시에 충돌에 의한 손상범위가 어느 정도이고 손상부위에 대한 차체 복원수리에 소

요되는 수리비가 어느정도 인지를 분석하여 평가하고 있다. 손상성 수리성 평가를 위해 국내·외에서는 RCAR 저속충돌시험 기준을 적용하고 있으며, 기존의 RCAR 저속충돌 시험 기준은 2004년 개정되어, 국내·외에서는 개정된 RCAR 시험기준을 적용하여 손상성 수리성 평가로 활용하고 있다. 따라서 본 논문에서는 개정된 시험기준과 기존 시험기준에 대한 차량 비교평가 분석을 위해 동일한 대형 승용차량에 대해 각각 RCAR 신·구 저속충돌 시험기준을 적용하여 15km/h 40% offset flat barrier 와 15km/h 40% offset 10° oblique barrier 시험조건으

*Corresponding author, E-mail: jhlim2@kidi.or.kr

로 저속 충돌시험을 실시한 후 시험조건에 차이에 따른 차체 충돌특성과 수리비 분석을 통한 수리특성에 대해 비교 분석하여 보았다.

2. 저속충돌 차량 평가

도로상에서 빈번히 발생하고 있는 저속충돌 손상성 수리성 평가는 RCAR 저속충돌시험을 통해서 차량의 손상된 부위를 복원 수리하여 산출되는 수리비를 신차가격, 속도보정계수, 전·후면 사고빈도, 전·후면 가산지수 등을 감안하여 손상성 수리성 (Damageability & Repairability) 평가지수 산정 및 구조특성별 수리비용 분석을 통한 신차 등급평가의 방식으로 이루어지고 있으며, 기존차량에 대한 등급조정은 부품가격 변동 및 수리비 지급실적에 의해 이루어지고 있다.

손상성 수리성 지수는 식 (1)과 같이 각각의 전후면 지수에 전후면 사고빈도를 곱하여 산출한다.²⁾

$$\text{종합 D.I} = (\text{전면 D.I} \times \text{전면충돌가중계수}) + (\text{후면 D.I} \times \text{후면충돌가중계수}) \quad (1)$$

$$\text{전면 D.I} = (\text{전면수리비} / \text{신차가격}) \times 100 \times \text{속도보정계수}$$

$$\text{후면 D.I} = (\text{후면수리비} / \text{신차가격}) \times 100 \times \text{속도보정계수}$$

3. 실험장치 및 방법

본 시험은 스피드 액츄에이터(speed actuator), 스티어링 모터(steering motor), 가이드 케이블(guide cable transmitter), 리모트 콘트롤(remote control) 등으로 구성된 차량 충돌을 전자제어 방식으로 제어하는 안전성 평가 ECV(Electronically Controlled Vehicle System) 충돌시험 장비를 이용하여 수행하였다.³⁾

시험차량은 각각 100m 전방에서 ± 1% 이내의 충돌오차 범위가 되도록 위치하고, 전원 스위치는 "ON" 상태에서 자체구동이 가능 하도록 셋업 하였다. 시험차량의 중량은 공차중량(standard curb weight)에 운전자 75kg 무게를 포함하여 시험 중량으로 하였다.

실험은 Table 1과 같이 동일한 각각의 2대의 대형 승용차량에 대해서 충돌속도 15km/h_0^{+1} 의 오차한

계 내에서 정면 40% 오프셋 조건으로 RCAR 개정 시험조건(15km/h 40% offset 10° oblique barrier)과, RCAR 구 시험조건(15km/h 40% offset flat barrier)으로 실시하였다.

Fig. 1, Fig. 2는 RCAR 신·구 충돌시험 조건을 나타낸다.

Table 1 Experimental conditions for RCAR crash test

Test Condition	Test vehicle weight (kg)	Crash speed (km/h)	Engine displacement (cc)	Remark
RCAR new condition	1,680	15.74	2,656	2006 new large car
RCAR old condition	1,680	15.70	2,656	2006 new large car

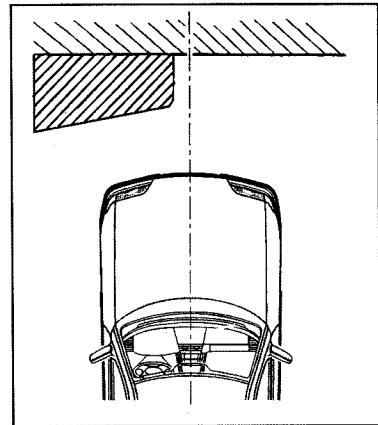


Fig. 1 Rear new crash test condition

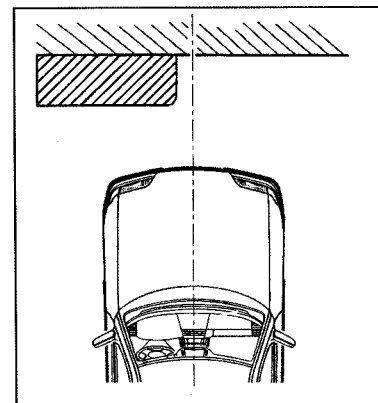


Fig. 2 Rear old crash test condition

4. 실험결과 및 고찰

본 실험은 동일한 대형 승용차량에 대해서 RCAR 신 기준과 RCAR 구 기준으로 나누어 각각 Photo 1 Photo 2와 같이 충돌시험을 실시하였다.

시험결과 RCAR 신 기준 충돌시험의 경우 10° 경사벽에 의한 프론트 사이드멤버 등 충격 흡수부재에 Bending moment가 발생되어 차체의 휨 모멘트에 의해 우측 엔진 마운팅 브라켓이 손상을 입은 것으로 분석 되었으며, 차체에 전달되는 충격 에너지도 10° Flat barrier에 비해 더욱 가혹한 것으로 분석되었다.

각각의 시험 조건에 대한 SDM Top X-AXIS, LH B pillar X-AXIS, LH Longitudinal member X-AXIS 부위에 대한 최대 감가속도 값을 분석한 결과 Fig. 3과 같이 SDM Top X-AXIS의 경우 개정 시험기준은

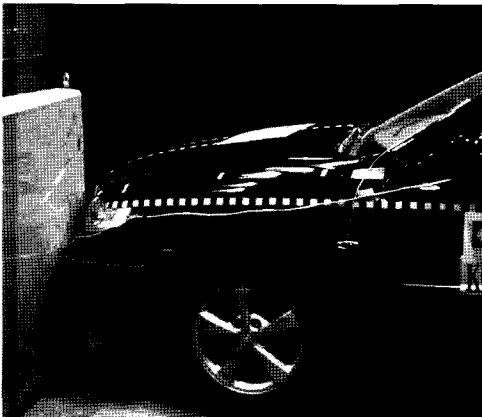
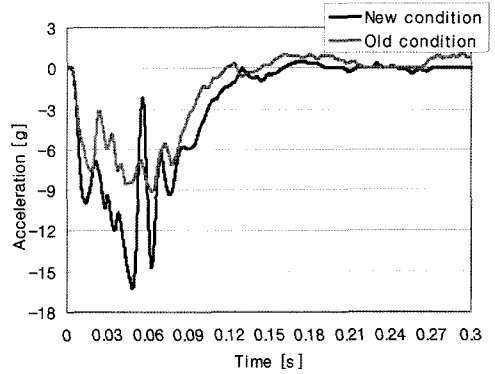


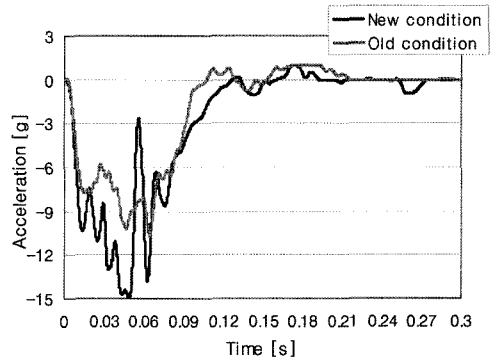
Photo. 1 Rear 15km/h 40% offset 10° angle barrier



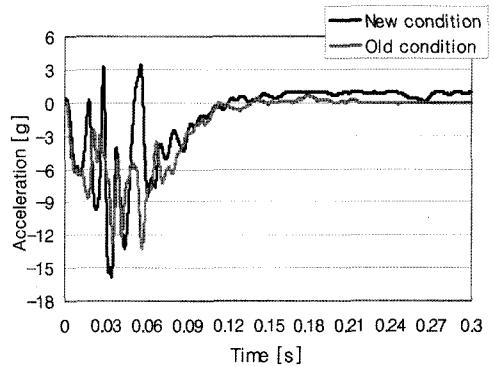
Photo. 2 Rear 15km/h 40% offset flat barrier



(a) Variation of longitudinal acceleration of SDM top



(b) Variation of longitudinal acceleration of B Pillar LH



(c) Variation of longitudinal acceleration of front longitudinal member LH

Fig. 3 Variation of longitudinal acceleration of SDM top, B Pillar LH and longitudinal member x axis at insurance frontal crash

16.3G @ 49ms를 기록한 반면, 구 시험기준은 9.1G @ 63ms를 나타내었고, LH B pillar X-AXIS의 경우 개정 시험기준은 15.0G @ 49ms, 구 시험기준은 10.7G @ 65ms, LH Longitudinal member의 경우 개정 시험기

준은 15.8G @ 35ms, 구 시험기준은 13.2G @ 57ms를 나타내어 차체 센터 플로워 패널에 가진되는 충격 에너지는 개정 시험기준에서 훨씬 더 많은 충격 에너지가 차체에 전달 되는 것으로 분석 되었다. 동시에 센터필라 좌, 우측 및 프론트 사이드멤버에 가진되는 충격 에너지도 개정 시험기준에서 더 높은 충격 에너지가 차체에 전달 되는 것으로 분석되어 10° 경사벽에 의한 충돌시험 조건에서 차체에 전달되는 충격 에너지는 더욱 가혹한 것으로 분석 되었다.

또한, 개정 시험기준의 경우 10° 경사벽에 의한 충격 에너지가 충격 부위 대비 차체 대각선 방향으로 가진되어 기존의 RCAR 저속충돌 시험에서는 볼 수 없었던 우측 엔진 마운트 브라켓의 손상이 발생된 것으로 분석되었다.

차체 손상형태는 Photo 3, Photo 4와 같이 개정 시험기준의 경우 프론트 LH 사이드멤버 선단부 압괴 손상 및 약 400mm, 500mm 부위까지 국부좌굴(local collapse mode)모드를 나타내어 충격량이 사이드멤버 선단을 지나 휠 하우스 패널까지 전이되는 것으로 분석 되었으며, 동시에 차체의 뒤틀림 변형으로 인한 우측 엔진 마운트 브라켓의 손상이 발생된 것으로 분석 되었다. 구 시험기준의 경우 프론트 LH 사이드멤버 선단부 압괴손상 및 약 200mm 부위에서 격임 손상이 발생되어 개정 시험기준과 비교해 볼 때 사이드멤버의 손상형태는 양호한 것으로 분석 되었다.

따라서, 기존의 시험기준에서는 시험차량이 충돌벽(flat barrier)과 수직방향에서 충돌 하므로 초기 충격 에너지도 차량 운동방향(longitudinal)으로 전이되는 특성을 보인 반면에, 개정 시험기준에서는 10° 경사 충돌벽에 의해 초기 충격에너지가 차량 운동방향(longitudinal) 뿐만 아니라, 차체 대각선 방향으로 전달되어 휨 모멘트(bending moment)를 동시에 받는 것으로 분석 되었다.

시험 차종에 대한 수리비를 분석 한 결과 Table 2와 같이 시험차종 모두 앞범퍼, 본네트, 헤드램프, 라디에이터, 에어컨 콘덴서, 프론트 사이드멤버 등의 손상이 발생하였으며, 특히, RCAR 개정시험기준의 경우 10° 경사 충돌벽에 의해 충격 에너지가 차체의 뒤틀림 변형을 발생시켜 우측 엔진 마운트 브라켓이 손상된 것으로 분석 되었다.

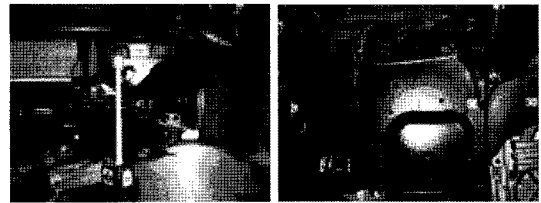


(a) Before crash test

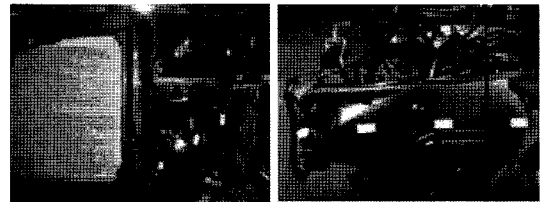


(b) After crash test

Photo. 3 Damaged type of front longitudinal member with RCAR 15km/h 40% offset 10° angle barrier



(a) Before crash test



(b) After crash test

Photo. 4 Damaged type of front longitudinal member with RCAR 15km/h 40% offset flat barrier

Table 2 Damaged parts of RCAR crash test vehicle

Car Parts	Damaged contents		Remark
	RCAR new condition	RCAR old condition	
front longitudinal	X	X	X : Damaged part
hood	X	X	
front panel	X	X	
front bumper	X	X	
radiator	X	X	
condenser	X	X	
E/G mount	X	-	

수리비용은 Fig. 4와 같이 RCAR 개정시험 기준은 ₩1,569,370, RCAR 기존 시험기준은 ₩1,520,827이 발생하여 기존 시험기준 대비 개정 시험기준에서 약 3.2% 높은 수리비를 나타내는 것으로 분석되었다.

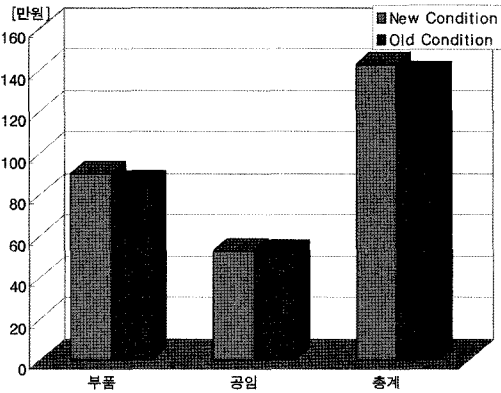


Fig. 4 Repair cost comparison by test condition

신, 구 시험기준에 따른 차체에 가해지는 충격 에너지는 신 기준에서 더욱 높은 것으로 분석되었으며, 손상범위 역시 신 기준에서 더욱 큰 손상 형태를 보이는 것으로 나타났다.

5. 결론

본 논문에서는 동일한 차체 구조를 가진 각각의 동일한 대형 승용차량에 대해서 차체 변형 형태 및 손상 특성의 관점에서 RCAR 신 기준과 RCAR 구 기준으로 나누어 충돌실험을 수행하였고, 실차 실험결과를 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) RCAR 개정 시험 기준(15km/h 40% offset 10° angle barrier)의 경우 RCAR 구 기준(15km/h 40% offset flat barrier)에 비해서 차체에 전달되는 충격 에너지는 더욱 큰 것으로 분석되었으며, 특히 차량 운동방향(longitudinal) 뿐만 아니라, 차체 대각선 방향으로 충격 에너지가 전이되어 휨 모멘트(bending moment)를 동시에 받는 것으로 분석되었다.
- 2) RCAR 개정 시험기준(15km/h 40% offset 10° angle barrier)의 경우 프론트 LH 사이드멤버 선단

부 압괴손상 및 약 400mm, 500mm 부위까지 국부좌굴(local collapse mode)모드를 나타내어 충격량이 사이드멤버 선단을 지나 휠 하우스 패널까지 전이되는 것으로 분석 되었으며, 특히 기존의 RCAR 충돌시험에서는 볼 수 없었던 차체의 뒤틀림 변형으로 인한 우측 엔진 마운트 브라켓의 손상이 발생된 것으로 분석 되었다.

References

- 1) Dieter Anselm, The Passenger Car Body, pp.93-96, Vogel, Germany, 2000.
- 2) J. H. Lim, I. S. Park and S. J. Heo, "A Study on Characteristics of Damageability and Repairability with Similar Platform Type at Low Speed 40% Offset Crash Test," Transactions of the KSAE, Vol.13, No.2, pp.108-113, 2005.
- 3) J. H. Lim, I. S. Park and S. J. Heo, "A Study on Human Injury Characteristics and Vehicle Body Deformation with Car to Car Crash Test for Crash Compatibility," Transactions of the KSAE, Vol.13, No.6, pp.135-141, 2005.
- 4) K. Mizuno, K. Wani and H. Yonezawa, "Vehicle Crash worthiness in Full and Offset Frontal Impact Tests," JSAE Review, Vol.24, Issue.2, pp.173-181, 2003. pp.108-113, 2005.
- 5) H. S. Kim and H. J. Yim, "Structure Borne Durability Design of a Vehicle Body Structure," Transactions of KSAE, Vol.12, No.3, pp.109-110, 2004.
- 6) W. J. Kang and H. I. Bae, "Optimization of an Auto-body Front Structure for Reducing the Repair Cost in Low Speed Crash," Spring Conference Proceedings, Vol.II, KSAE, pp.592-597, 2002.
- 7) B. J. Kim, M. S. Kim and S. J. Heo, "Optimization of a F-125 Aluminum Body Considering Static Stiffness, Vibration and Crashworthiness Constraints," Spring Conference Proceedings, Vol.II, KSAE, pp.1064-1066, 2003.