

저속충돌시험을 통한 차량용 가스튜브범퍼의 복원수리비 절감효과에 대한 연구

박인송^{*1)} · 조휘창²⁾

보험개발원 자동차기술연구소^{*1)} · 서울대학 자동차과²⁾

A Study on the Repairing Cost Down Effects of the Car Bumper Systems with Gas tube in a Low Speed Crash Test

In Song Park^{*1)} · Hui Chang Jo²⁾

^{*1)}Korea Automobile Insurance Repair Research & Training Center, Gyeonggi-do 467-882, Korea

²⁾Department of Automotive Engineering, Seoul College, Seoul 131-208, Korea

(Received 24 January 2002 / Accepted 8 October, 2002)

Abstract : We have found that the damage of the front part for a vehicle and that of the rear part for a vehicle are the majority of frequency experienced by the traffic accidents. In conventional bumper system was designed by safety standard regulation at low speed crash. For example there are 2.5 mile and 5 mile bumper. The conventional bumper system was the crash from max 5.5 mile to 3 mile low speed occurs most frequently and results in the highest rate of repairing cost in statistically. On this study, in order to check the damageability and repairability of gas tube bumper system, RCAR 15 km/h 40 % offset frontal crash test was adopted in low speed and we have a gas tube bumper parts test and vehicle test with gas tube bumper. we can find gas tube bumper system definitely can improve the damageability and repairability of the vehicles and contribute to down the repairing cost.

Key words : Conventional bumper system(기존범퍼), Low speed crash(저속충돌), Damageability(손상성), Repairability(수리성), Gas tube bumper system(가스튜브범퍼), RCAR(세계자동차수리위원회), Repairing cost(수리비)

1. 서론

일반적인 자동차 범퍼는 저속충돌사고시 손상을 안전기준에 규정되어 있는 범위로 제한되도록 설계되어지며, 종류는 2.5마일 범퍼와 5마일 범퍼가 있다.

이러한 범퍼는 통계적으로 빈번히 발생하고 있는 전·후면 15km/h 40 % 오프셋 충돌사고유형에 비해 약 최대 5.5마일에서 최소 3마일 정도 낮은 충돌

속도로써 실질적으로 발생하는 전·후면 15km/h 40% 오프셋 충돌사고에서는 많은 손상을 입게 되어 복원수리비가 크게 발생하고 있다.

본 연구는 기존범퍼의 성능을 개선하여 빈번히 발생하는 충돌사고인 전·후면 15km/h 40% 오프셋 충돌사고에서 복원수리비가 적게 발생하도록 하는데 목적이 있다.^{4,8)}

이를 위하여 차량의 손상성 수리성을 평가하는 보험저속충돌방법, 즉 정면 15km/h 40% 오프셋 충돌시험을 단품시험 범퍼성능평가와 실차시험 범퍼성능평가로 나누어 실시하였다.

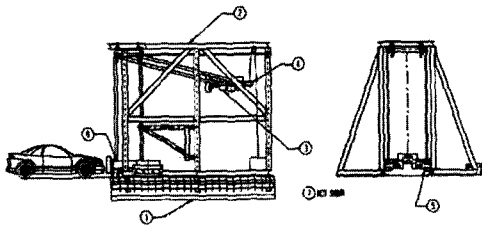
* To whom correspondence should be addressed.
ispark@kidi.co.kr

2. 시험장치 및 방법

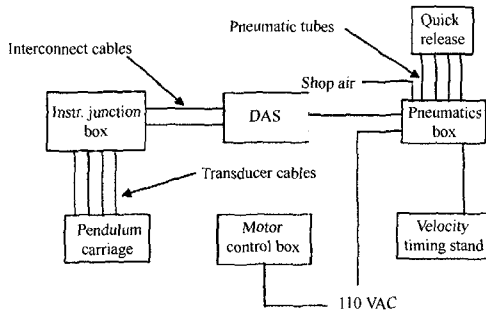
2.1 시험장치

본 연구에 사용되어진 충돌시험장비는 펜듈럼 충돌시험장치로서 형식과 사양을 Fig. 1과 Table 1에 나타내었다.

장비의 구성은 ① foundation insert ② structure frame ③ pendulum carriage ④ carriage retract/release mechanism ⑤ rebound mechanism ⑥ velocity timing stand ⑦ data acquisition system(DAS)으로 되어 있고,



(a) Pendulum crash test equipment



(b) System diagram



(c) Scene of crash test

Fig. 1 Pendulum crash test equipment and scene of crash test

Table 1 The specification of pendulum crash test equipment

주요구성부품	세부사양
Pendulum frame	<ul style="list-style-type: none"> • Pendulum frame dimensions <ul style="list-style-type: none"> - Height : 5.48 m - Length : 7.03 m - Width : 6.15 m • Vertical adjustment capacity <ul style="list-style-type: none"> - 0.35 ~ 5.30 m • Actual top speed : 29 km/h • Fixed barrier equivalent speed <ul style="list-style-type: none"> - ($M_{car} = M_{pend}$) : 20.4 km/h
Carriage	<ul style="list-style-type: none"> • Carriage overall dimensions <ul style="list-style-type: none"> - Height : 0.61 m - Length : 1.52 m - Width : 1.80 m • Carriage weight adjustment capacity <ul style="list-style-type: none"> - 606 Kg(min) ~ 2725 Kg(max)
Retract/release mechanism	<ul style="list-style-type: none"> • Two pneumatic cylinders - 110 psi
Rebound mechanism	<ul style="list-style-type: none"> • Prevent multiple impact - automatic
Velocity measurement system	<ul style="list-style-type: none"> • Type : portable stand (optical emitter and detector) • Accuracy : 0.01 msec
Instrumentation	<ul style="list-style-type: none"> • Load cell : 2,500 lbs × 3 EA • Accelerometer : 100 g × 1 EA
Data acquisition system	<ul style="list-style-type: none"> • Type : DAS - 016

데이터 집적기 모델은 다양한 동적시험에 적합한 모델이 적용되어 있다.

특징으로는 고정벽 저속정면충돌시험과 동일한 효과를 발휘하도록 컴퓨터를 이용한 역학적 계산이 가능하여 짧은 시간내에 여러번의 충돌시험이 용이하고 저렴하게 행할 수 있도록 한 것이다.

특히 충돌순간의 충격력을 분석하기 위해 pendulum carriage 전면 오프셋 충돌벽에 로드셀 3개와 가속도계를 설치하였고, 충돌속도를 계측하기 위해 0.01ms의 정밀도를 가진 속도측정기와 펜듈럼의 충돌속도 설정에 기초가 되는 경사도를 검출하는 경사도 검출센서를 설치하였다.

2.2 시험방법

시험방법으로는 RCAR에서 규정한 정면 15km/h 40% 오프셋 충돌시험을 Fig. 2와 같이 펜듈럼 충돌

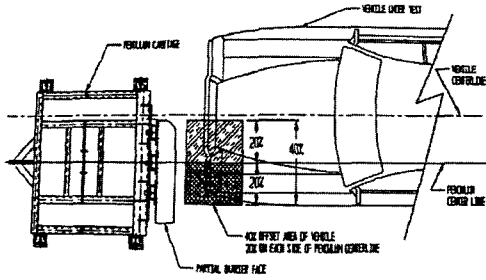
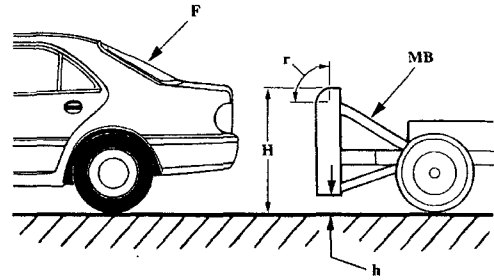


Fig. 2 RCAR 15km/h 40% offset frontal crash test

장비를 이용하여 시험차량을 시험조건에 맞게 설치한 후 시험절차에 따라 실시하였다.^{2,6)}

일반적으로 자동차는 승객의 안전을 위해 안전법규에 근거하여 설계 제작되며, 아울러 충돌사고시 차량손상으로 인한 소유자의 유지비용부담을 줄일 수 있는 손상성, 수리성은 매우 미흡하다. 즉 손상성, 수리성 저하는 복원수리비의 증가로 이어져 소비자의 부담이 된다.

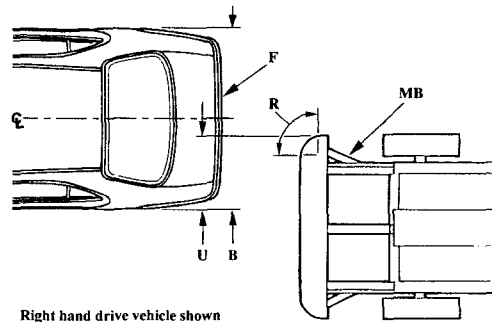
이러한 문제점을 극복하기 위해 세계자동차수리위원회(RCAR)를 중심으로 Fig. 3과 같이 저속충돌 시험을 통해 차량별 손상성, 수리성 평가를 실시하고 있다.



MB = Moving barrier, MMB = 1000kg±5kg

H = 700mm±10mm, h = 200mm±10mm

F = Test vehicle, r = 50mm



Right hand drive vehicle shown

MB = Moving barrier, U = 40% Offset

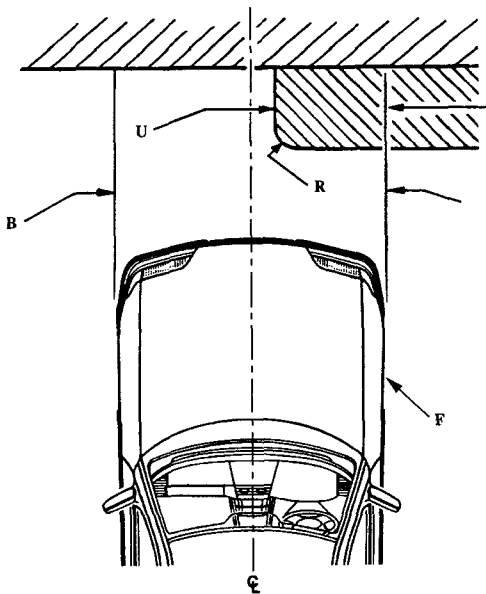
B = Width of vehicle, VMB = 15.0+1.0-0km/h

VF = 0km/h(Release parking brake)

R = 150mm, F = Test vehicle

(b) Rear crash test

Fig. 3 RCAR crash test for the damageability and repairability of vehicle



U = Offset 40%, B = Width of vehicle

VF = 15.0 + 1.0 - 0km/h

R = 150mm, F = Test vehicle

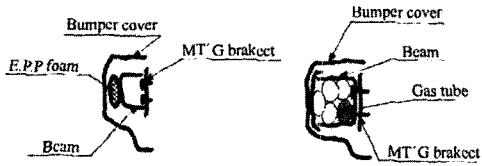
(a) Frontal crash test

특히 RCAR는 차량별 손상성, 수리성 평가를 위해 규정한 전·후면 15 km/h 40 % 오프셋 충돌시험을 고정충돌벽에 차량을 일정속도로 움직여 충돌시키는 고정벽 충돌시험장비와 정지되어 있는 차량에 일정속도로 움직이는 펜듈럼으로 충돌하여, 고정벽 충돌시험과 동일한 효과를 발생시킬 수 있는 펜듈럼 충돌시험장비를 사용하도록 규정하고 있다.

2.3 범퍼의 구조와 시험편

2.3.1 범퍼의 구조

각 범퍼시스템의 구조특성을 비교하면 기존에 사용하고 있는 범퍼의 구조는 Fig. 4와 같이 범퍼커버, 스티로폼 폼, 범퍼빔으로 구성되어 있고, 가스튜브 범퍼 시스템의 구조는 범퍼커버, 가스튜브, 범퍼빔



(a) Conventional bumper system (b) Gas tube bumper system
 Fig. 4 Basic structural characteristics of each bumper system

으로 구성되어 있다.¹⁾

가스튜브범퍼 시스템이 기존범퍼 시스템과 구조적으로 다른 점은 기존범퍼 시스템에 있는 스티로폼 폼 대신에 가스튜브를 삽입하는 것이다.^{7,9)}

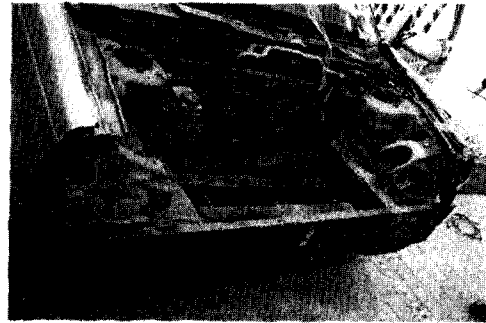
2.3.2 시험편

본 연구에 적용된 시험편은 Table 2와 같이 가스튜브의 배열에 따라 단품시험에는 가스튜브범퍼 시스템 2가지와 기존범퍼 1종류를, 실차시험에는 가스튜브범퍼 시스템 1가지와 기존범퍼 1종류를 선정하였다.

또 단품시험과 실차시험을 위한 각각의 시험편장착 구조는 Fig. 5, Fig. 6과 같다.¹⁰⁾

Table 2 The kind of specimens for crash test

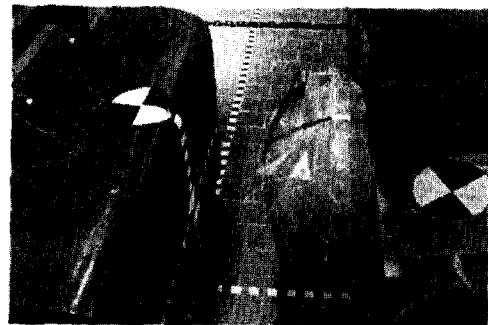
구분	시험편	구조
단품 시험	1	다중 가스 튜브 범퍼 시험편은 $\phi 5 \times$ 길이 $60\text{cm} \times 14$ 개의 가스튜브를 다발로 묶은 상태이며, 이를 반복시험이 가능한 rigid 범퍼 레일이 부착된 시험차량에 장착한 구조임.
	2	3중 가스 튜브 범퍼 시험편은 $\phi 10 \times$ 길이 $50\text{cm} \times 3$ 개의 가스튜브를 다발로 묶은 상태로 위와 동일 구조임.
	3	기존 범퍼 스티로폼 에너지흡수부가 없는 사양임.
실차 시험	1	다중 가스 튜브 범퍼 단품시험을 분석한 결과 $\phi 5 \times$ 길이 $60\text{cm} \times 14$ 개를 다발로 묶은 시험편이 가장 좋은 결과로 나타나 rigid 범퍼 레일이 부착된 실차시험차량에 장착한 구조임.
	2	기존 범퍼 기존 범퍼구조를 가진 실차임. 이 시험을 통해 얻어진 수리비 결과는 본 연구에서 얻어진 가스튜브범퍼 수리비와 비교함.



(a) Dummy vehicle for trial crash test

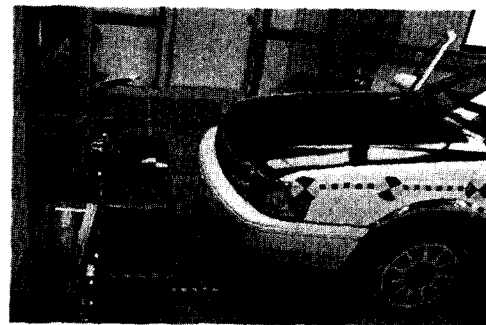


(b) Dummy vehicle with multi-low gas tube

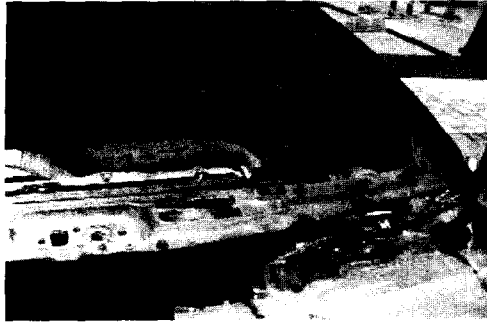


(c) Dummy vehicle with 3 low gas tube

Fig. 5 Test specimen attachment for trial crash test



(a) Vehicle with conventional bumper system



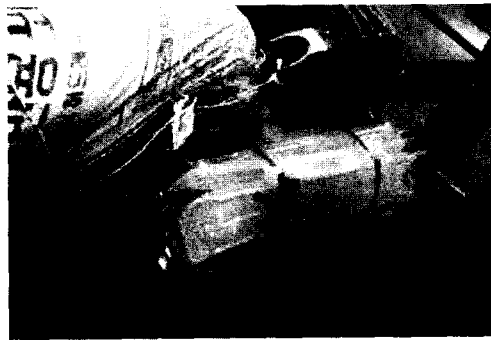
(b) Vehicle with gas tube bumper system

Fig. 6 Test specimen attachment for real crash test

3. 시험 및 고찰

3.1 시험 및 손상형태

시험후 Fig. 7은 단품시험에 대한 손상형태이고, Fig. 8은 이때 실차시험에서의 손상형태를 나타낸 것이다.

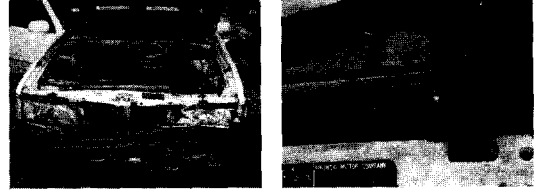


(a) Multi-low gas tube bumper
($\varnothing 5 \text{ mm} \times \text{Length } 60 \text{ cm} \times 14 \text{ EA}$)

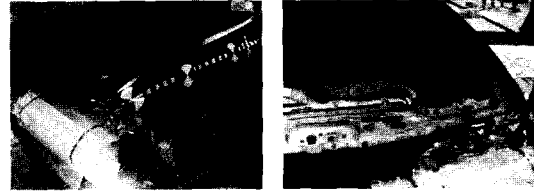


(b) 3 low gas tube bumper
($\varnothing 10 \text{ mm} \times \text{Length } 50 \text{ cm} \times 3 \text{ EA}$)

Fig. 7 Test and damage shape of trial crash test



(a) Conventional bumper system



(b) Multi-low gas tube bumper system

Fig. 8 Test and damage shape of real crash test

3.2 감가속도 특성 분석

3.2.1 단품시험

일반적으로 차량 설계시 승객의 안전성을 위해 탑재하는 편의장치(에어백 시스템, 시트벨트 시스템등)의 기준은 충돌시 B필라 하단 X축과, 차량의 무게중심 C.G X축의 감가속도 값을 기초로 하며, 차량에 따라 다소 차이가 있으나 약 20 ~ 30 %내에서 비슷한 값을 나타낸다.

그래서 B필라 하단 X축과, 차량의 무게 중심 C.G X축에서의 값을 상호비교 분석하여 최적의 조건을 선정한다.

단품시험에서는 각각의 범퍼갯세이의 충돌흡수 능력을 파악하기 위한 시험으로서 여러번의 시험을 수행할 수 있고 특히 일반차량은 프론트 사이드멤버가 15km/h 40% 오프셋충돌에서는 대부분 손상되어 범퍼갯세이의 충돌 흡수 성능을 파악하기 어렵기 때문에 본 시험조건에서는 변형되지 않도록 구조변경을 하여 시험을 실시하였다.

감가속도 값을 계측 분석한 결과, Table 3과 같이 감가속도 값의 분포는 B필라 하단 X축에서는 다중 가스튜브의 경우 53.36 G, 3중 가스튜브의 경우 최대 22.05 G, 기준범퍼는 최대 50.3 G로 나타났다.

C.G X축에서는 다중 가스튜브의 경우 최대 17.9 G, 3중 가스튜브 경우 최대 17.39 G, 기준범퍼의 경우는 최대 207.73 G로 나타났다.

Table 3 The acceleration of each test specimen in trial crash test

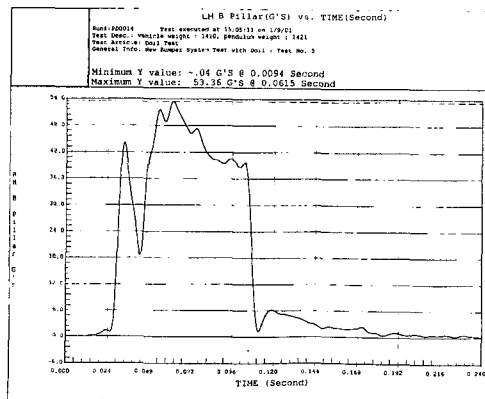
구분		감가속도		FORCE (kg)
		B필라 하단X축	C.G X축	
다중 가스튜브	최대	53.36 G	17.9 G	17,566
	최소	-0.04 G	-11.39G	
3중 가스튜브	최대	22.05 G	17.39 G	18,145
	최소	-2.82 G	-11.59G	
기존	최대	50.3 G	207.73 G	17,968
	최소	-3.04 G	-2.84 G	

특히 필라 하단과 무게 중심에서의 가속도값 차이가 일반차량에서 보다 크게 차이가 발생하는 것은 여러번의 모의시험을 위해 특별히 제작된 프론트 사이드멤버의 충돌특성이 다른 단품시험 모의시험차량의 구조적 특성 때문이다.

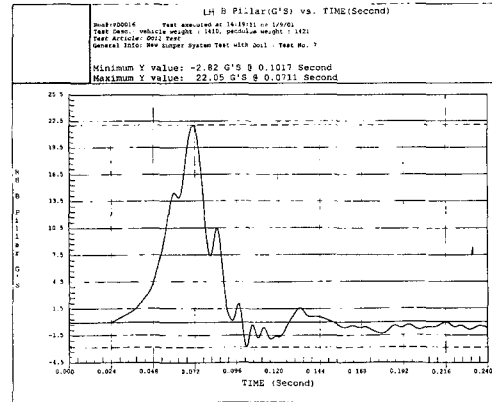
참고적으로 오프셋 충돌특성을 고려하여 B필라 하단에서의 감가속도 값을 분석하여 보면 기존범퍼에 비해 3중 가스튜브의 경우 약 40~50 % 정도 우수함을 알 수 있다.

그러나 다중 가스튜브범퍼가 기존범퍼와 같이 동일한 결과를 나타낸 것은 이론적으로는 다중 가스튜브가 3중 가스튜브보다 우수해야 함에도 불구하고, 기존범퍼와 동일한 것은 충돌순간 각각의 다중 가스튜브가 충분히 압착되어 충동력을 흡수하여야 하나 충돌순간 각각의 튜브가 분산되어 정상적인 기능을 발휘하지 못하기 때문인 것으로 분석된다.

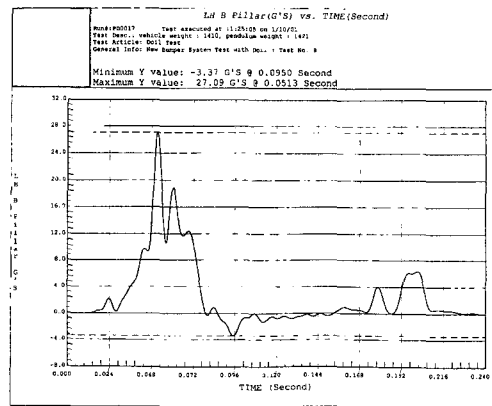
그리고 Fig. 9는 이때 각 단품에 대한 B 필라에서의 가속도를 나타낸 것이다.



(a) Multi-low gas tube bumper



(b) 3 low gas tube bumper



(c) Conventional bumper

Fig. 9 The B-pillar acceleration(LH) of each test specimen in trial crash test

3.2.2 실차시험

실차시험에서는 단품시험에서 성능이 다소 우수하게 확인된 3중가스튜브 범퍼 와 기존범퍼에 대해 비교 분석하였다.

실차시험의 분석방법은 단품시험결과 분석과정과 동일하다.

Table 4와 같이 B필라 하단 X축에서는 기존범퍼는 최대 13.72 G, 최소 0.85 G, 3중 가스튜브는 최대 12.9 G, -0.3 G이고, C.G X축에서는 기존범퍼가 최대 7.48 G, 최소 -1.63 G 가스튜브는 7.23 G, 5.99 G로 나타났다.

따라서 실차시험에서도 단품시험과 같이 오프셋 충돌특성을 고려하여 B필라 하단에서의 X값을 분석하여 보면 다중가스튜브가 약 10%정도 우수한 것

으로 나타났으며 Fig. 10은 이때의 가속도를 나타낸 것이다.

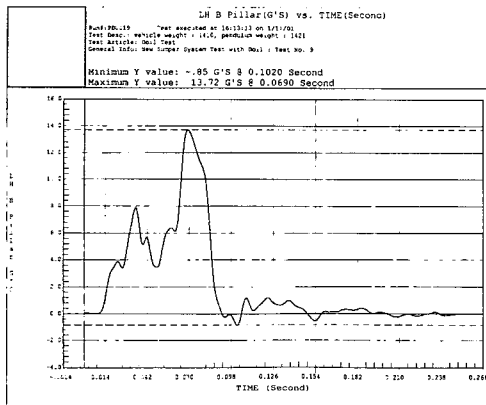
Table 4 The acceleration of each test specimen in real crash test

구분	감가속도		FORCE (kg)
	B필라 하단X축	C.G X축	
기존범퍼	최대	13.72 G	9,417
	최소	0.85 G	
다중가스 튜브범퍼	최대	12.9 G	9,998
	최소	-0.3 G	

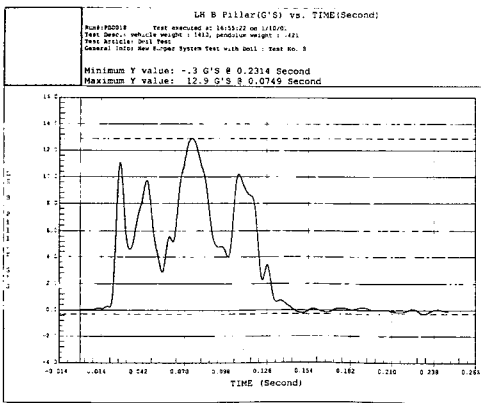
버, 라디에터, 에어컨컨덴서 및 주변부품등이 손상되지 않아 수리비도 약 30% 이상 절감되어짐을 알 수 있었다.^{6,11)}

Table 5 Damaged parts & repair cost of each bumper system

구분	기존범퍼	가스튜브범퍼	비용
손상부품	• Front bumper ass'y	• Front bumper ass'y	절감대상
	• Front panel	• 손상되지 않음	
	• Head lamp(left)	• Head lamp(left)	절감대상
	• Condenser	• 손상되지 않음	
	• Radiator	• 손상되지 않음	절감대상
	• Front side Member(left)	• 손상되지 않음	
	• Bonnet	• Bonnet	절감대상
	• etc	• etc	



(a) Conventional bumper system



(b) Multi-low gas tube bumper system

Fig. 10 The B-pillar acceleration(LH) of each test specimen in real crash test

3.3 실차시험 복원수리비 분석

실제 손상된 부품비교에서도 Table 5와 같이 기존 범퍼차량보다 다중 가스튜브차량이 좌측 사이드멤버,

4. 결론

본 연구과제의 목적은 가스튜브범퍼의 저속충돌 시험을 통한 손상성, 수리성 분석으로 가스튜브범퍼의 다중 가스튜브구조, 3중 가스튜브구조와 기존 차량의 제노이범퍼 구조의 성능을 비교하였다.

또한 단품시험과 실차시험에 의해 B필라 하단과 차량무게중심 C.G에서의 X축 감가속도 값과 복원 수리비를 산출하여 분석 평가하므로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 단품시험을 통해서는 B필라 하단에서 손상정도를 판단할 수 있는 감가속도 값을 분석한 결과 3중 가스튜브범퍼가 약 40%~50% 충돌흡수력이 우수함을 알 수 있었고, 다중 가스튜브의 경우는 감가속도 값이 기존범퍼와 동일하게 나타났으나 가스튜브 특성상 정상적인 충돌시험이 이루어질 경우 보다 우수한 결과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

2) 실차시험을 통해서도 B필라 하단에서의 감가속도 값이 약 8~9%정도 우수함을 알 수 있었고, 가장 중요한 손상부품의 복원수리를 통해 산출되는 복원수리비는 좌측 사이드멤버, 에어컨컨덴서, 라디에터 및 기타 주변부품의 손상이 다중 가스튜브 장착 실차시험에서는 나타나지 않아 약 30% 이상 절감되어짐을 확인했다.

3) 따라서 본 연구결과 저속충돌에서의 손상성, 수리성은 가스튜브구조의 범퍼시스템이 기존의 범퍼시스템 보다 우수함을 확인했으나 실제로 신개발

차량에 적용 가능하도록 실물과 유사한 형상의 가스튜브범퍼 개발을 통한 보다 향상된 연구가 행하여져야 할 것으로 판단된다.

References

- 1) K. H. Ahn, "A Study on the Crash Motion of Polyurethane TPU Airbag," Seoul Univ. Textiles Polymer Depart, pp.20-32, 1992.
- 2) Low Speed Frontal, Rear 15km/h 40% Offset Crash Test Damageability, Repairability, RCAR (Research Council for Automobile Repairs), 1999.
- 3) C. G. Choi, "Computer Simulation and Effects Analysis of Shock Absorbing Facilities," Korea Advanced Institute of Science and Technology, Engineering Works Depart, pp.3.9-3.10, 1993.
- 4) Automobile Insurance Statistical Data, KIDI (Korea Insurance Development Institute), pp. 56-60, 2001.
- 5) I. S. Park, "A Study on the Vehicle Safety at a High Speed Crash and the Vehicle Damageability and Repairability at a Low Speed Crash," Kookmin Univ., pp.40-60, 2000.
- 6) Car Technology Handbook-2(Design), KSAE, pp.531-559, 1996 .
- 7) Anselm, Passenger Body, Vogel, pp.86-97, 1998.
- 8) A. J. Watte, Low Speed Automobile Accidents, Lawers & Judges Publishing Company Inc., 1998.
- 9) Kia Motors, Optima Parts Catalog and Service Manual, pp.111-130, 1999.
- 10) Car Toechnolgy Handbook-3(Test Examination), KSAE, pp.179-188, 1996.
- 11) Dongbu Fire Insurance, Car Repair Standard Work Time Table, 1999.