

## 승용차 측면 사고 차량의 수리 후 차체 강성 변화 해석

김 성 호, 조 행 목

공주대학교 기계자동차공학과

8902ksh@daum.net, hmcho@kongju.ac.kr

### Analysis of body stiffness changes after repair of passenger car side accident vehicle

Sung ho Kim, Haeng Muk Cho

Division of Mechanical and Automotive Engineering, Kongju National University  
(KNU) Korea

측면에서 발생하는 사고는 운전자가 충분히 인지하지 못하는 상태에서 사고가 발생하며 안전장치나 경보 장치 기술로 사고를 방지하거나 회피할 수 있는 기술의 적용이 없고 운전자가 측면에서 접근하는 차량을 감지하여 사고를 예견하고 회피하는 것은 어렵다. 본 실험에서는 내수 시장에서 차량의 판매 빈도가 높은 승용 차량 1대를 선정 후, 차량의 도면과 데이터를 이용하여 실제 차량과 동일한 방법으로 충돌시험을 진행하여 손상 부위와 상태를 시뮬레이션을 통하여 확인하였고 충돌 수리 후의 상태를 상용해석을 사용하여 분석하였다. 사고 후에 발생하는 차량의 상태 변화를 해석하였고 변위 및 변형률과 응력 등의 차체의 강성 변화를 해석하여 비교해 보았다. 그 결과 B Pillar의 인너와 아우터를 동시에 교환한 차량에서 침입량이 가장 많은 변화를 보였다. 이는 추후 수리 작업 시 중요한 고려 요소로 판단이 되며 수리 후 재사고 발생 시 탑승객의 안전에 영향을 미칠 것으로 판단됩니다.

#### Abstract

Accidents that occur from the side occur when the driver is not fully aware of them, and there is no application of safety or alarm technology to prevent or avoid accidents, so the driver detects vehicles approaching from the side and prevents the accident. It is difficult to predict and avoid. In this experiment, a passenger vehicle with a high frequency of sales in the domestic market was selected, and then a crash test was conducted in the same way as an actual vehicle using the vehicle's drawings and data to determine the damaged area and condition. It was confirmed through simulation, and the state after collision repair was analyzed using commercial analysis. Changes in the state of the vehicle that occurred after the accident were analyzed, and changes in the rigidity of the car body such as displacement, strain, and stress were analyzed and compared. As a result, the vehicle in which the inner and outer parts of the B Pillar were replaced at the same time showed the greatest change in the amount of intrusion, which is judged to be an important factor to consider during future repair work, and is expected to have some impact on the safety of passengers in the event of a second accident after repair. It's possible.

**Key words** : 사고 이력, 차체 손상, 차체 수리, 변형, 가치 하락, B필러수리, 재사고, 용접

Accident history, damage, Body repair, Deformation, Decline in value, B-pillar repair, Re-accident, Welding

## 제1장 서론

최근 새로운 안전기술이 적용된 차량이 증가하여 전·후방 사고를 미연에 방지하기 위한 첨단 안전장치가 적용된 차량이 많이 출시되고 있다. 전·후방 사고에 대비하여 엔진룸과 트렁크 공간의 강성을 증대하여 사고 시 생존 공간을 확보하고, 사고예방을 위한 경보장치와 자동 브레이크시스템 등으로 전·후방 사고에 대비한 대응은 많이 발전하였다. 반면 측면에서 발생하는 사고는 운전자가 충분히 인지하지 못하는 상태에서 사고가 발생하며 안전장치나 경보장치 기술로 사고를 방지하거나 회피 할 수 있는 기술의 적용이 없어 운전자가 측면에서 접근하는 차량을 감지하여 사고를 예견하고 회피하는 것은 어렵다. 통상적으로 사고가 발생하면 수리를 하게 되는데 차체의 손상이 경미한 사고는 손상된 부품을 교환 후 간단히 수리를 완료하여 원래의 차량 상태 및 성능을 유지하는데 어려움이 없지만, 차체의 골격이나 차체 변형이 되는 주요부 손상 사고에서는 수리 후 자동차의 가치가 하락하거나 수리 후 차량 성능에 대한 안전에 우려가 발생하여 수리 차량에 대한 불신 및 불안감을 표출하는 경우가 많이 발생한다. 본 실험에서는 운행중인 승용차 차량 1대를 선정 한 후, 실제 차량과 동일한 방법으로 충돌시험을 진행하였으며 충돌 시의 손상 부위와 상태를 시뮬레이션을 통하여 확인하였고 충돌 수리 후의 상태를 해석 프로그램인 하이퍼 워스 솔버와 LS-DYNA로 유한 해석을 사용하여 분석하였다. 사고 수리 후 차량의 운행 중 재사고시 탑승객의 안전 및 차체의 강성 변화로 인하여 처음 출고시의 차량과 비교하여 판단해 보고자 관련 연구를 진행하였다

## 제2장 시험

측면 충돌 시험을 평가하는 방법으로 실차 시험인 경우에는 자동차에 탑승시킨 더미에 설치된 센서에서 데이터 값으로 상해치의 승객 안전도를 평가한다. 시트 위 더미의 내부에 설치된 각 센서로 부터 얻어진 신호를 인체의 부위별로 정해져 있는 상해치 계산 방법에 따라서 안전도를 평가하며 평가 기준은 상해 기준 범규에 의해 평가한다. 실차량의 안전도에 가장 엄격한 기준을 적용하고자 최대한 실차 조건에 가깝게 하여 차량 충돌과 최대한 유사하게 시험이 이루어진다.

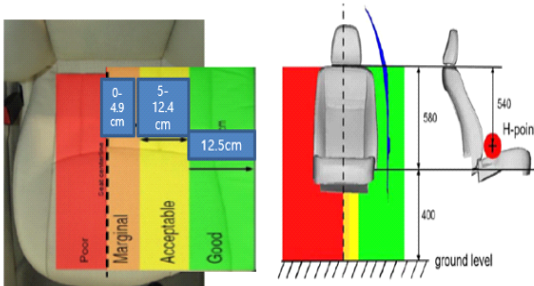


Fig. 1 Evaluation of Penetration in Case of Side Impact

## 2-1 시험 차량 제원

Table.1 Specification of a Research Vehicle

Specification	연구차량
Weight (kg)	1170
Engine Type	1.8L L4
Tire Size	195/60 R15
L*W*H (mm)	4511*1745*1482
Wheel Base (mm)	2610
Wheel Track (mm) Frt/Rr	1483/1493
CG Reward of Frt Wheel C/L (mm)	1069

## 2-2 인장시험

인장 시험은 신뢰성 확보 차원에서 외부의 전문 시험 기관을 선택하여 테스트를 진행하였다. 먼저 시편을 KS B 0802 규격에 맞게 시편 5호로 제작하였다. 1개의 정상 제품 (사고 전 상태와 동일한 원래의 차체)와 3개의 시편을 용접 작업 후 한국기계전자시험연구원과 한국건설안전시험연구원에 의뢰하여 테스트를 진행하였다. 시험결과는 아래와 같다.

Table 2 .B Pillar Outer Plate Tensile Strength Test Result

항목 시료	인장강도(N/mm)	항복강도(N/mm)	연신율(%)	시험방법
B필러 외판 Product	228	265	41.2	KS B 0802- 2003
B필러 Test weld 1	180	225	37.3	
B필러 Test weld 2	1801	218	16.7	
Product/ Weld	79%	84%	65%	

Table 3. B Pillar Inner Plate Tensile Strength Test Result

항목 시료	인장강도(N/mm)	항복강도(N/mm)	연신율(%)	시험방법
B필러 내판 Product	497	596	16.8	KS B 0802- 2003
B필러 Test weld 1	432	455	21.1	
B필러 Test weld 2	297	363	21.3	
Product/ Weld	73%	69%	126%	

B Pillar의 내·외판을 구분하여 인장 시험을 실시한 결과 출고 당시의 패널과 수리 용접 후의 패널의 강도에서 다소의 차이가 발생하였다. 항복강도는 출고 당시의 외판은 79% 수준이었고 내판은 73% 수준의 강도가 저하되는 것을 확인하였다. 인장강도는 출고 당시의 외판 대비 84% 수준이었고 내판은 69% 수준의 강도 저하를 양상을 보였다. 연신율은 출고 당시의 외판 대비 65% 수준의 강도 저하를 보였지만, 내판은 126% 수준의 강도 상승을 보였는데, 이는 내판이 박판으로 용접 후 열적 변형으로 연신율이 증가한 것으로 추정된다. 용접 시 작업자의 숙련도에 따라 다소의 차이는 발생할 수 있으나 일반적인 기계적 물성의 강성이 처음 출고 당시의 차량에 비해 약해져 있음을 확인하였다

### 2-3 측면 충돌 모델링 및 시뮬레이션

측면 충돌시험의 모델링 및 시뮬레이션은 Euro Side Impact Test 테스트를 실시하는 방법과 동일하게 적용하여 해석과 검증을 진행하였다. 실제 차량의 충돌시험 데이터를 5단계의 높이로 차체를 측정하여 실차에서의 변형과 해석에서의 변형된 부분을 확인하였고, 변형량에 대한 오차 범위를 확인하였다.



Fig. 2 Side Crash Real Test Photos

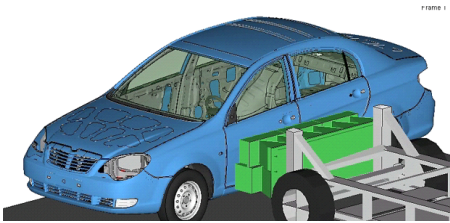


Fig. 3 Analysis of Side Crash Test Photos



Fig. 4 Side Crash Real Test Photos (Side View)

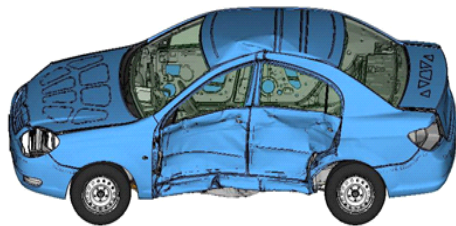


Fig. 5 Analysis of Side Crash Test Photos (Side View)

### 2-4 실차 대비 해석 오차 비교

측면 충돌시험에서 충돌 후 차체의 변형량에 대한 실차 결과값과 해석 차량의 모델링 후 테스트를 진행한 결과를 아래의 표와 같이 확인하였다. 실차 대비 15% 정도의 오차가 발생하지만, 이는 해석 차량에서는 차체 내부의 내장재를 적용하지 않고 하이트 바디인 차체만 적용하여 해석을 실시한 것으로 실제 차량의 유리, 내장재, 흡음재, 플라스틱 내장재와 방

수 시트 등을 적용하여 테스트하는 것과 매우 유사함을 확인하였다. 시험은 실차의 충돌 인증시험 Euro Side Impact Test 방법으로 실시하였다.

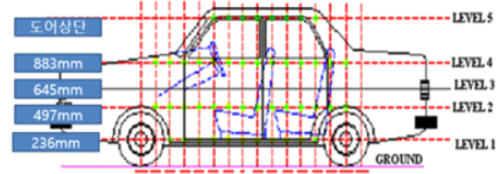


Fig. 6 Height by collision level

Table. 4 Results of actual and analyzed vehicles

750 기준	실차 결과	해석 결과	신뢰성
Level 1	1319	1069.23	81%
Level 2	1231	1135.58	92%
Level 3	1270	1159.69	91%
Level 4	1314	1107.05	84%
Level 5	1237	956.57	77%

### 2-5 실차 수리

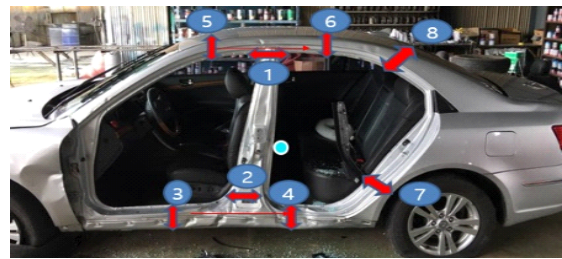


Fig. 7 Number of Side Panel Cutting and Welding Point

실차의 손상 및 수리 형태를 판단하여 실제 정비소에서 실시하는 작업 형태와 제작사의 차체수리 지침서에 준하여 절단 작업 후 용접하는 작업을 진행하였다. B Pillar의 손상으로 교환 작업은 두가지 형태로 판단하였다. 상하 절단 시에는 1번과 2번 부위를 절단하였고 내·외판을 별도로 분리하여 내판만 작업 시와 내·외판을 동시에 교환하여 용접 작업하는 경우를 판단하였다 (3,4,5,6번). 또한 B필러의 좌·우 부분으로 절단하여 작업시에는 필러의 좌·우측으로 20cm 이격하여 절단하고, 내·외판을 분리하여 외판만 작업하는 경우와 내 외판을 동시에 교환하는 작업등을 진행하였다.

### 제3장 해석 결과

정상차량 대비 수리차량의 차체 침입량을 판단 시 저속에서는 전 구간의 높이 레벨에서 침입량이 미미한 수준이다. 상하 절단한 B Pillar의 아우터와 인너를 동시에 교환한 작업 차량은 10, 30km/h에서 각 레벨별로 유사한 경향을 보인다. 이는 저속의 충돌 속도에서는 차체의 강성이 충분히 견딜 수 있는 것으로 판단이 된다. 50km/h의 속도로 레벨 2에서는 4mm 정도의 침입이 발생하였다. B Pillar의 좌·우 방향으로 절단 후 용접하여 작업한 차량의 아우터만 작업한 차량은 대부분의

레벨에서 큰 차이가 발생하지 않았으나 50km/h의 속도에서 레벨 1의 지점에서 침입량이 오히려 줄어든 것은 차체의 강성이 급격히 약화되어 더 이상 변화되지 못한 소성 변형이 발생한 것으로 판단이 된다. B Pillar의 좌·우 방향으로 절단 후 용접하여 작업한 차량의 아우터와 인너를 동시에 작업한 차량은 전체적으로 타 작업 부위를 작업한 차량보다도 변형이 크게 발생하였다. 사이드 패널 헨더 절단 후 아우터를 수리한 차량은 전체적으로 타 작업 부위를 작업한 차량보다도 변형이 작게 발생하였다.

Table.5 Intrusion by level and Speed of Product Car & Repair Car

Level	속도	Intrusion (mm)					
		정상 차량	1 ~ 2 Outer	1 ~ 2 Out/In	3~4_5 ~ 6 Outer	3~4_5 ~ 6 Out/In	7 ~ 8 Outer
Level 5	10 KPH	81.92	81.93	81.92	81.93	81.93	81.95
	30 KPH	334.95	335.54	335.08	334.65	333.84	334.79
	50 KPH	709.43	707.72	713.55	711.89	714.28	692.68
	60 KPH	979.85	956.57	975.41	969.17	966.64	980.71
Level 4	10 KPH	91.14	91.17	91.14	91.17	91.25	91.16
	30 KPH	421.09	421.52	420.88	420.77	421.83	420.47
	50 KPH	841.46	842.01	842.72	838.28	844.14	828.14
	60 KPH	1125.46	1107.05	1123.03	1113.11	1109.90	1125.49
Level 3	10 KPH	95.92	95.96	95.93	95.95	96.05	95.94
	30 KPH	463.77	464.21	463.39	463.11	465.33	462.84
	50 KPH	894.50	896.38	895.18	889.09	896.82	883.85
	60 KPH	1175.09	1159.69	1172.49	1163.03	1158.69	1173.95
Level 2	10 KPH	93.25	93.29	93.28	93.29	93.38	93.28
	30 KPH	472.80	473.26	472.41	471.32	474.55	471.11
	50 KPH	884.95	888.20	888.11	879.39	888.76	880.88
	60 KPH	1145.14	1135.58	1138.83	1137.38	1129.39	1143.46
Level 1	10 KPH	90.02	90.06	90.05	90.06	90.15	90.06
	30 KPH	462.50	463.75	462.37	459.96	463.88	461.81
	50 KPH	832.87	837.39	838.52	827.62	838.38	838.19
	60 KPH	1072.39	1069.23	1066.32	1072.20	1062.69	1075.28

#### 제4장 결론

본 연구에서는 준중형 승용차 의 사고 후 변형이 발생한 B Pillar, 사이드 패널 부위의 손상으로 수리 시 일반적인 차체 수리 공법을 적용하여 절단 후 용접 작업을 실시하였다.

측면 사고 시 발생하는 B Pillar 및 사이드 패널 수리차량을 시뮬레이션으로 검증후 해석하여 검토 후 판단한 결과,  
 1) 정상 차량 대비 수리 차량의 차체 침입량은 저속에서는 전 구간 높이가 레벨에서 침입량이 미미한 수준으로 큰 변화가 없었다. 레벨1에서는 상·하 절단 아우터와 인너를 동시에 교환한 차량이 50km/h에서 5mm 변화되었다. 레벨2에서는 상·하 인너와 아우터의 교환 차량과 아우터만 절단하여 작업한 차량이 50km/h에서 4mm 정도 침입 되는 것을 알 수 있다. 레벨3에서는 상·하 아우터만 작업 차량이 30km/h, 50km/h에서 침입량이 많았다. 레벨4에서는 좌·우로 절단하여 인너와 아우터를 동시에 교환한 차량이 10km/h, 30km/h, 50km/h에서 다른 수리 작업을 진행한 차량보다 많은 침투량을 보였다. 레벨5에서는 좌·우 절단하여 인너와 아우터를 동시에 교환한 차량이 30, 50km/h에서 타 작업을 진행한 차량보다 많은 침투량을 보였다. 2) 수리방법으로 침입량을 판단 시 좌·우로 절단한 B Pillar의 인너와 아우터를 동시에 교환한 차량에서 침입량이 가장 많은 변화를 보여 추후 수리 작업 시 중요한 고려 요소로 판단이 된다. 3) 아우터만 교환한 차량은 정상 상태와 유사하지만 나머지 수리부위는 정상 차량보다 스트레스 및 침투량에서 좋지 않은 결과를 나타내었다. 4) 위와 같은 상황을 종합해 보면 이는 수리 후 재사고 발생 시 탑승객의 안전에 다소 영향을 미칠 수 있는 요소로 판단되며 격락 손해 발생에 대한 참고 요인으로 판단됩니다.

#### 제5장 연구의 한계성 및 과제

실제 충돌에서 다양한 속도와 각도에서의 충돌 사고 에 대한 검증과 충돌 후 차량의 각 탑승자 별 위치와 차체의 부위별 변화 및 안전에 대한 영향성에 대하여 검토가 이루어지지 못한점과 작업자의 기술력의 차이로 인한 강성 변화와 차체의 부식 등을 복합적으로 판단하여 수리 차량에 대한 다양한 검토와 연구가 필요하다고 생각합니다.

참고문헌

- [1]김관희,임종훈,임장호,박인승,조종두"소형승용차량의 측면 충돌 시 탑승자 보호성능 평가" 한국자동차공학회 Vol. 22, No. 1, pp.46-51. 2014
- [2]박현호"승객 상해치 저감을 위한 측면 충돌 특성 연구" 한국자동차공학회 (KSAE) v.17 no.5,pp.45-53 .1995
- [3]Andreas Meiera, Mark Gontera, Rudolf Kruseb "Pre crash classification of car accidents for improved occupant safety systems" ( 2014 ) 198 - 207
- [4]손현기"자동차 격락손해에 대한 고찰"국민대학교 2015
- [5]백승민, "자동차 충돌에 따른 손상성 및 수리성에 관한 연구" 국민대학교 대학원 2007