

측면충돌을 고려한 자동차 도어트림 팔걸이부 최적 설계

최해석[†] · 장익근* · 구자겸** · 김선민*** · 김한경****

The Optimal Design for Vehicle Door Trim Armrest Regard to Side Impact Test

Haeseok Choi , Ikkun Jang, Jakeum Koo, Sunmin Kim, Hankyoung Kim

Key Words : DFSS(설계 최적화 기법), Side Impact(측면충돌)

Abstract

A nation have the regulation for a vehicle safety and interested in the side impact of a vehicle. But we spend a lot of money and time for the side impact test. So we must design a vehicle parts regard to the side impact test. This paper describes a new test method for side impact test. We used DFSS(Design For Six Sigma) process for design of door trim armrest. We searched the door trim armrest control factor and made the experiment plan. We researched the optimal design factor and improved the abdomen injury value of the human dummy.

기호설명

F = Force, kN
M = Impactor mass, kg
A = Acceleration

1. 서 론

자동차 법규에서 규제하고 있는 차량 측면 충돌시 인체 상해 기준을 만족함으로써 차량의 안전도를 향상시키기 위함. 충돌시 도어 트림 팔걸이부가 인체 복부 부위에 충격을 가한다. 도어트림 팔걸이부와 팔걸이부와 관련된 단품들을 충격에 약하도록 구조 및 형상을 구현하여 충돌 성능 향상을 이루었다. 측면 충돌을 고려한 도어트림을 설계하는데 있어 단품 시험과 해석을 통하여 최적화를 수행했다. DFSS 프로젝트가 수행되었으

며 설계구상단계부터 제품에 안전성을 사전에 개선할 수 있는 시스템을 정착시켰다.

2. 단품 측면 충돌 시험

2.1 시험 방법

자동차 측면 충돌시 승객 안전에 대한 트림 평가에 관한 것으로서 완성차 측면 충돌 시험을 하기전에 트림 자체를 사전 검증하는 시험 장치를 고안하여 완성차 측면 충돌 성능 향상을 위한 재 시험 소요비용과 설계 개발 일정을 단축하여 제품 설계의 신뢰성을 확보하기 위한 시험 장비이다. Fig. 1 은 단품 측면 충돌 시험장비이다. 시험 방법은 도어 트림을 치구에 부착하여 시험을 행한다. 도어 트림을 치구에 부착할 때에는 실차와 동등한 방법으로 고정한다. 부하자의 타격을 받는 범위에서 도어트림과 치구 사이의 간격이 도어 트림과 도어 판넬 사이의 공차와 일치하도록 치구를 제작한다. 도어 트림 결합용 치구는 충격 시험 중에 움직이지 않도록 고정한다. 타격은 Hip Point 를 기준으로 일정한 길이 만큼 떨어진 곳을 타격 위치로 한다. 복부를 모방한 형상의 부하자를 사용한다. 일정한 부하자 중량과 타격 속도로 시험을 행한다. 시험후 반력, 변위, 에너지 특성을 평가한다.

[†] 한일이화(주)

E-mail : choihs@mail.hanileh.co.kr
TEL : (041)539-6432 FAX : (041)541-8906

* 한일이화(주)

** 한일이화(주)

*** 현대기아자동차

**** 현대기아자동차

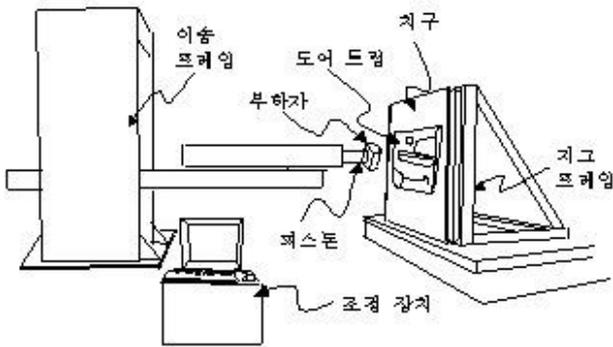


Fig. 1 Side Impact Test System for Door Trim

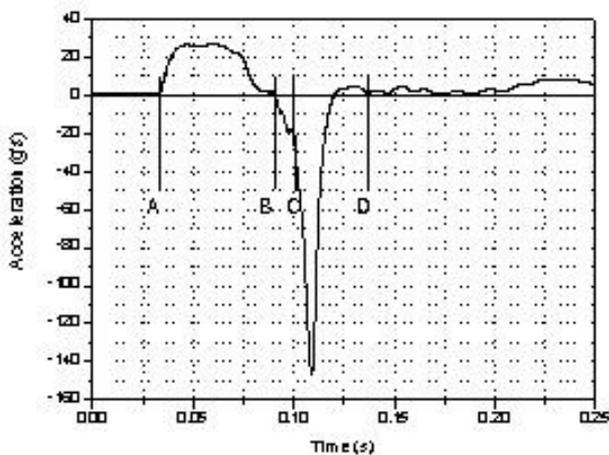


Fig. 2 Acceleration Curve

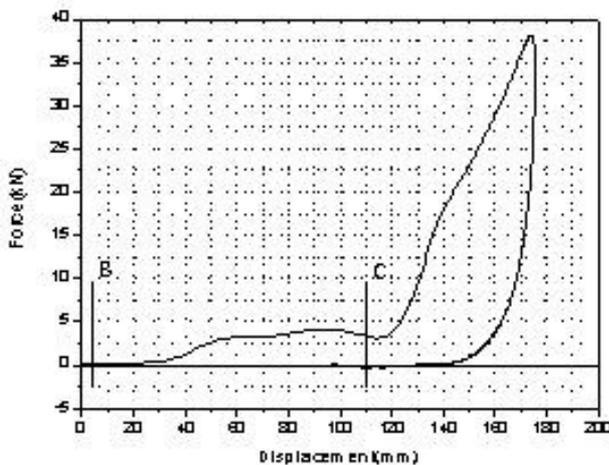


Fig. 3 Displacement - Force Curve

2.2 시험 평가

시험기 부하자에 설치된 가속도 센서로부터 나오는 시간에 따른 가속도 그래프를 이용하여 변위, 반력등을 구한다. Fig. 2 에 시간에 따른 가속도 그래프를 나타내었다. AB 구간은 부하자가 도어트림 암레스트에 충격을 가하기전 이동하는

구간이다. BC 구간은 부하자가 암레스트부에 충격을 가하는 구간이다. 이번 연구에서 주요한 관심 부분이다. CD 구간은 부하자가 트림을 밀고 들어 가면서 치구 벽면에 닿아 되돌아 오는 구간이다. 가속도를 적분하여 속도를 구하고 속도를 적분하여 변위를 구한다. 반력은 식 (1)로부터 구한다.

$$F = M \cdot A \tag{1}$$

여기서 질량 M 은 부하자의 질량으로 일정한 값으로 정해져 있다. Fig. 3 의 변위에 따른 반력 값을 위와 같은 방법으로 구한다. 차종마다 목표흡수에너지를 설정하고 목표흡수에너지에서의 반력을 Fig. 3 그래프를 이용하여 구한다.

3. 개념 개발

3.1 제어인자 및 수준 선정

인체 모형 복부 상해치 저감 및 충격에너지 흡수율 향상을 위해 8 개의 인자를 선정했다. Fig. 4 에 제어인자를 나타내었다. 선정된 인자는 단품 측면 충돌시 도어 트림의 성능향상을 만족할 수 있도록 선택된 제어인자이다. Table 1 에 제어인자와 수준을 나타내었다. 제어인자의 선정배경에서 사용수지는 IZOD 충격강도, SHARP EDGE 와 관련이 있다. 골 깊이, 골 수량, 골 폭, Lwr Trim 골 수량, 암레스트 체결 방법은 충격을 흡수하기 위한 목적이다. 별도 조각 형상 및 체결 방법은 파단 시작을 유도 할 목적이다.

Table 1 Control Factor and Level

구분	인자	수준 1	수준 2	수준 3
A	사용수지	ABS	PPF	
B	골 깊이(mm)	1.5	1.7	2.0
C	골 수량(개)	4	5	6
D	골 폭(mm)	5	6	7
E	별도 조각 형상	없음	삼각	사각
F	별도 조각 체결방법	없음	융착	HOOK
G	Lwr Trim 골 수량(개)	0	3	5
H	암레스트 체결방법	융착	탭핑	융착+탭핑

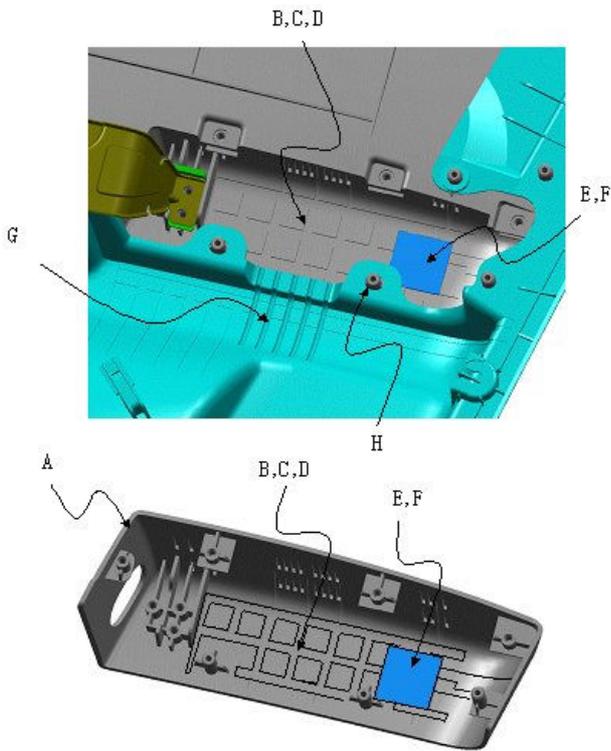


Fig. 4 Door Trim Armrest Control Factor

Table 2 Experiment Orthogonal Arrays

NO	A	B	C	D	E	G	H	N1	N2
R1	ABS	1.5	4	5	없음	없음	열용착		
R2	ABS	1.5	5	6	삼각	3	탭핑		
R3	ABS	1.5	6	7	사각	5	열용착+탭핑		
R4	ABS	1.7	4	5	삼각	5	열용착+탭핑		
R5	ABS	1.7	5	6	사각	없음	열용착		
R6	ABS	1.7	6	7	없음	3	탭핑		
R7	ABS	2.0	4	6	없음	3	열용착+탭핑		
R8	ABS	2.0	5	7	삼각	5	열용착		
R9	ABS	2.0	6	5	사각	없음	탭핑		
R10	PPF	1.5	4	7	사각	3	열용착		
R11	PPF	1.5	5	5	없음	5	탭핑		
R12	PPF	1.5	6	6	삼각	없음	열용착+탭핑		
R13	PPF	1.7	4	6	사각	5	탭핑		
R14	PPF	1.7	5	7	없음	없음	열용착+탭핑		
R15	PPF	1.7	6	5	삼각	3	열용착		
R16	PPF	2.0	4	7	삼각	없음	탭핑		
R17	PPF	2.0	5	5	사각	3	열용착+탭핑		
R18	PPF	2.0	6	6	없음	5	열용착		

3.2 실험 계획 직교표 작성

Table 1 의 제어인자와 수준을 이용 Table 2 의 L₁₈ 실험 직교표를 만들었다. 2수준의 1 인자, 3수준의 7 인자로 18 가지의 실험조건을 가진다. 타격

위치를 달리하여 N1, N2 조건에서 반력을 측정하였다. 해석 결과를 가지고 직교표를 분석하면서 암레스트 별도 조각 형상과 체결방법이 현실성이 없어 별도 조각 체결방법은 삭제하고 진행하였다.

4. 설계 최적화

4.1 시험 및 해석 Correlation

단품시험과 구조해석이 일치함을 검증하기 위해 적용하려는 차종보다 먼저 다른 차종에 대한 단품시험과 구조해석을 수행하여 비교하였다. Fig. 5 실험조건과 동일하게 충돌해석용 도구 LS-DYNA 를 사용하여 Fig. 6 와 같이 해석 모델을 구성하였다. 동일한 조건으로 단품시험과 구조해석을 하고 부하자가 도어 트림에 충격을 가한 결과 변위(Fig. 7), 가속도(Fig. 8)를 비교하여 일치성을 확인하였다.



Fig. 5 Door Trim Side Impact Test Setting Condition

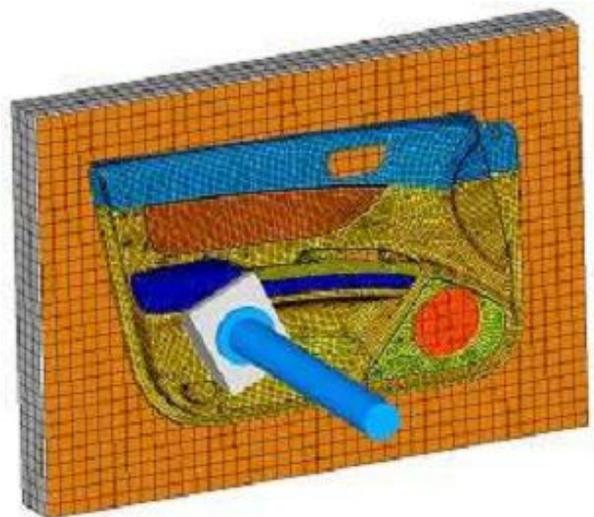


Fig. 6 Door Trim Side Impact FEM Model

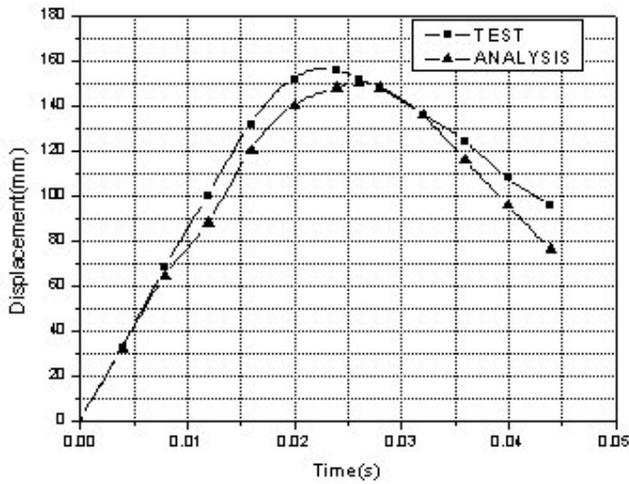


Fig.7 Displacement Curve

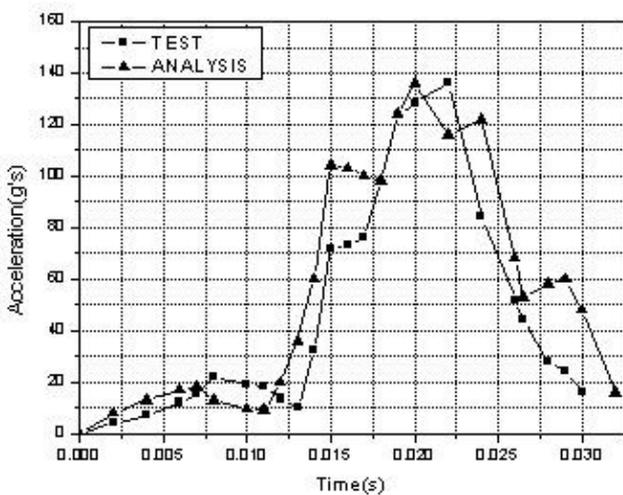


Fig.8 Acceleration Curve

4.2 직교표 시험 및 해석 결과 비교

직교배열중 실험 R1, R8, R10 을 비교하여 Table 3 과 Fig. 9 에 나타내었다. 단품시험과 해석간에 일치하지는 않지만 R1N2 를 제외하고, 기울기 및 경향은 유사하다.

Table 3 Test/Analysys Compare of Force

실험 항목	단품 실험(kN)	충돌 해석(kN)
R1N1	5.50	3.20
R1N2	5.00	4.80
R8N1	4.70	2.52
R8N2	5.00	2.18
R10N1	3.80	1.72
R10N2	4.10	2.06

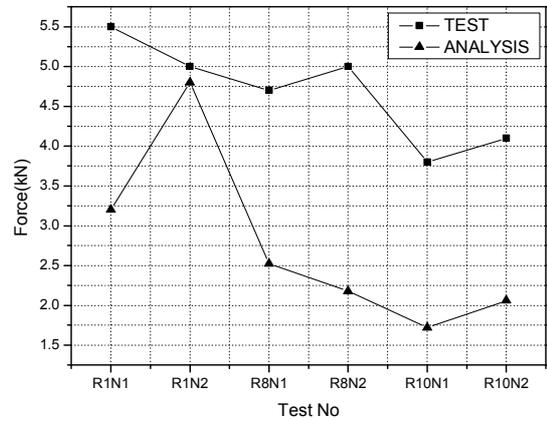


Fig.9 Test /Analysis Compare of Force Curve

4.3 설계 최적화

실험계획 직교배열표로 해석한 결과를 DFSS(Design For Six Sigma) 기법을 이용하여 Table 4 와 같이 최적화 하였다. 사용수지는 PPF, 골 깊이는 1.5mm, 골 수량은 4 개, 골 폭은 5mm, 별도 조각 형상은 삼각 형상, Lwr Trim 골 수량은 5 개, 암레스트 체결방법은 용착과 탭핑은 혼합한 방법이 최적이었다. 제어인자 중 별도 조각 체결 방법은 현실성이 없어 제어인자에서 삭제하였다. 구조해석으로 검토한 최적화 모델의 반력은 기존 4.54kN 에 비해 2.56kN 개선된 2.28kN 이었다. 단품 측면 충돌 시험으로 검토한 최적화 모델의 반력은 기존 5.50kN 에서 2.60kN 개선된 2.90kN 이었다. 완성차 측면 충돌시험에서는 초기모델에 비해 최적화된 모델이 40%개선된 성능 향상을 이루었다 (Table 5).

Table 4 Optimal Design Control Factor Level

구분	인자	수준 1	수준 2	수준 3
A	사용수지	ABS	PPF	
B	골 깊이(mm)	1.5	1.7	2.0
C	골 수량(개)	4	5	6
D	골 폭(mm)	5	6	7
E	별도 조각 형상	없음	삼각	사각
G	Lwr Trim 골 수량(개)	0	3	5
H	암레스트 체결방법	용착	탭핑	용착+탭핑

Table 5 Optimal Design Model Result

구분	개선 전(kN)	개선 후(kN)	비율(%)
해석	4.54	2.28	50
실험	5.50	2.90	52

5. 결 론

- 1) DFSS 활동을 통해 설계최적안을 도출하였으며, 실차 측면 충돌 시험에서 초기 설계 모델에 비해 최적화된 모델이 복부상해치 40% 성능향상을 이루었다.
- 2) 측면 충돌 성능향상을 위한 해석 및 시험 프로세스를 정립하였다.
- 3) 측면 충돌 성능향상을 위한 오차 요인을 줄임으로 인해서 설계변경, 수정작업, 시험횟수 축소 및 투자비 절감을 이루었다.

참고문헌

- (1) Hyunjin Choi, 2004, "A Study of Development and Application for Side Impact Sled Test," Transactions of KSAE, Vol. 12, No. 1, pp.138~144.
- (2) Sunghyun Lim, Kwangwon Lee, Dongsuk Kim, 2003, "Design Concept Study of Body Structure According to Euro and North America Side Impact Tests," Transactions of KSAE, pp1275~1280.
- (3) SungOh Hong, SeokGil Hong, 2003, "A Study of European Side Impact Using New FE EUROSID-2 Dummy," Transactions of KSAE, pp1281~1285.
- (4) H. Huh, J. H. Lim, 2003, "Crashworthiness Assessment of Side Impact of An Auto-Body with 60Trip Steel for Side Members," International Journal of Automotive Technology, Vol. 4, No. 3, pp.149~156.