

후방추돌시 인체상해방지를 위한 댐퍼구조형 자동차 시트 설계

신윤호*, 강훈효*, 전의식*

*공주대학교 기계공학과

E-mail: y2ksin@kongju.ac.kr

A Design of Vehicle Seat Equipped with Damper for a Reducing of Human Injury in Rear End Impact

Yun Ho Shin*, Hoon Hyo Kang*, Euy Sik Jeon*

*Graduate School of Mechanical Engineering, Kongju National University

최근 자동차안전기준이 중요시되면서 안전에 대한 관심이 높아지고 있다. 본 연구는 FMVSS301 및 자동차안전기준 제 91조에 해당하는 시험조건으로 후방추돌시 인체상해를 방지하기 위해 댐퍼가 장착된 자동차시트의 메카니즘을 설계 및 해석을 하였다.

1. 서론

최근에는 자동차안전기준이 강화되면서 자동차 생산에서 R&D분야가 큰 비중을 차지하게 되었다. 그러나 전면충돌시 에어백과 안전벨트가 가장 중요한 안전장치가 되고있으나 사고부상의 많은 부분을 차지하고 있는 후방추돌에 대해서는 이렇다 할 대책이 없는 것이 사실이다. 머리지대에는 추돌사고 시 경추염좌 등 목부상해를 경감시키기 위하여 시트 상단에 부착하는 안전장치이다. Brian O'Neill은 과거 헤드레스트의 중요성에 대해 말하고 있다.[1] Fig. 1은 자동차사고 중 후방추돌시 더미의 움직임과 전단력을 도식화한 것으로 더미가 시트백에 부딪히어 경추염좌를 일으키는 것을 도식화한 것이다.[2]

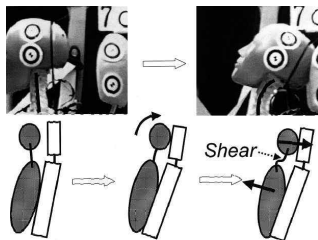


Fig. 1 Moving and Shear Force of Dummy for a Rear Impact

2. 본론

2.1 시트의 기능 및 연구목적

2.1.1 시트의 기능

시트의 주된 기능은 운전자 및 탑승자에게 편안함과 안정감을 주어야한다. 후방추돌시 시트는 가장 중요한 요소로 헤드레스트와 함께 좌석은 에너지를 흡수하는 구조이어야 한다. 그러나 좌석에 대한 기준은 탑승자의 관성하중을 무시한 좌석의 관성하중만 고려하여 설계하였기 때문에 후방추돌시 Seatback만으로는 인체를 보호하기 부적합한 것으로 사료된다.[3]

2.1.2 연구목적

이 연구의 목적은 후방추돌시 인체상해를 방지하는데 목적이 있다. 선행으로 메카니즘 설계를 하였다. Fig. 2은 후방추돌시 시트의 움직임을 도식화한 것이다. 설계된 시트는 기존의 시트에 댐퍼를 추가한 메카니즘으로 후방추돌시 인체가 시트백에 부딪히면 그 충격을 흡수하고 반동을 줄여 인체의 무게중심을 뒤에 두어 다시 앞쪽을 튕겨나가 목상해 및 인체상해를 줄이기 위한 구조

이다. 또한 시트백(Seatback)의 파손(Collapse)을 방지하는데 목적이 있다.

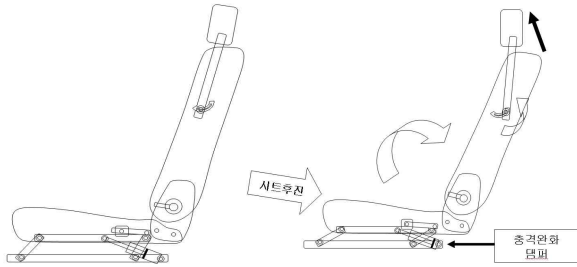


Fig. 2 Mechanism for Operation of the Seat

2.2 목상해 원인과 해결 방안

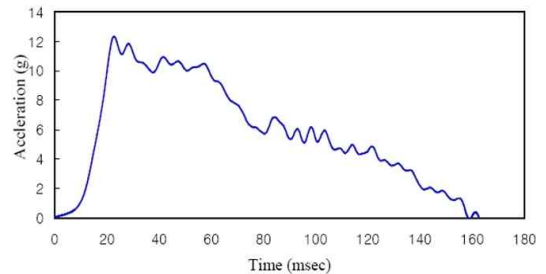
자동차가 추방추돌이 일어나게 되면 더미는 약 35~40 ms 동안은 관성에 의해서 움직임이 거의 없는 상태로 있다. 이 시간이 지나면 더미의 몸통과 머리는 서서히 뒤로 이동하기 시작한다. 이때 머리와 몸통의 상대적인 운동으로 몸통이 등받이에 먼저 부딪히게 된다. 등받이의 강성에 의해 몸통은 앞으로 강하게 반동되지만, 머리는 아직 헤드레스트에 미치지 못한 상태이다. 머리와 몸통의 이러한 상대적 운동의 차이로 목에서의 젓힘 모멘트와 전단력이 상당히 증가해 목상해의 원인이 된다.[4]

이와 같이 후방추돌시 짧은 시간에 더미가 시트백에 부딪힌 후 인체의 충격을 흡수하고 무게 중심을 뒤로 두려면 시트와 더미의 질량에 실리는 충격량을 흡수하는 댐퍼구조가 알맞게 설계되어야 한다.

2.3 연구배경 및 해석조건

시트에는 후방추돌에 적용되는 테스트만 있는 것이 아니라 FMVSS 201, 202, 207, 208, 210, 301 등 Static&Dynamic 테스트가 있다. 이중 후방추돌시 목상해 및 인체상해를 방지하기위한 테스트는 FMVSS 301(자동차안전기준 제 91조)이다. Fig. 4는 FMVSS 301에 해당되는 조건을 테스트하기위한 썰매시험기(Sled Test)와 하중조건이다. Fig. 3(a)의 Crash pulse는 반사인파로 120ms의 14g로 대체될 수 있다. IIHS에서 시행중인 후방추돌 썰매시험(Sled Test)에는 BioRID II가 이용되

지만, 국내에서 이용하기 어려운 점과 비용상의 문제로 인하여 추후 자동차성능시험연구소에서 HybridIII를 시험에 사용할 계획이다.



(a) Crash pulse for FMVSS301



WEIGHTS:	Pounds (lbs.)	Kilograms
Head	10.0	4.54
Neck	3.4	1.54
Upper Torso	37.9	17.19
Lower Torso	50.8	23.04
Upper Arm	4.4	2.00
Lower Arm	3.75	1.70
Hand	1.25	0.57
Upper Leg	13.2	5.99
Lower Leg & Foot	12.0	5.44
Total Weight	171.3	77.70

(b) HybridIII 50th Percentile male

Fig. 3 FMVSS 301(Crash pulse, Dummy)

BioRID II와 HybridIII의 목부위 강성의 차이점은 있지만, 시험에서 기존 시트와 개발된 시트를 비교하는 것에 같은 더미(Dummy)를 사용한다면, Hybrid III를 사용하는 것은 큰 무리가 아니라 생각한다. Crash pulse에 시트(댐퍼 위에 하중)와 Hybrid III를 더한 무게는 약 100kg이다.

3. 설계 및 해석

3.1 Simulink를 이용한 스프링과 댐퍼의 설계

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F(t) \tag{1}$$

$$C_c = 2m\omega_n = 2\sqrt{km} \tag{2}$$

$$\ddot{x} = -\frac{2\sqrt{km}}{m}\dot{x} - \frac{k}{m}x + a \tag{3}$$

후방추돌시 시트가 붕괴되거나 본래의 위치를 신속히 제자리로 돌아오지 않으면 2차 추돌사고 및 심각한 상황을 초래하게 된다. 그러므로 충격량을 흡수하고 운전자의 운전능력을 상실하지 않게 최단 시간안에 다시 원위치로 돌아오기 위한 스프링 및 댐퍼의 설계가 필요로 한다. 스프링상수는 위에서 얻어진 질량에 가속도의 최고치에

의해 구하였다. 그리고 이것을 바탕으로 C_c (Critical damping coefficient)를 구하였다. 식 (1),(2),(3)을 이용하여 Fig. 4 Simulink 블럭선도를 구성하였다.[5] Table 1과 Fig. 5은 Simulink의 결과이다.

Table 1. Result of Coefficient by Simulink

Case i	$k(N/m)$	C_c	$d(m)$
case1	68600	5238.32	0.118
case2	137200	7408.1	0.072
case3	274400	10476.64	0.041

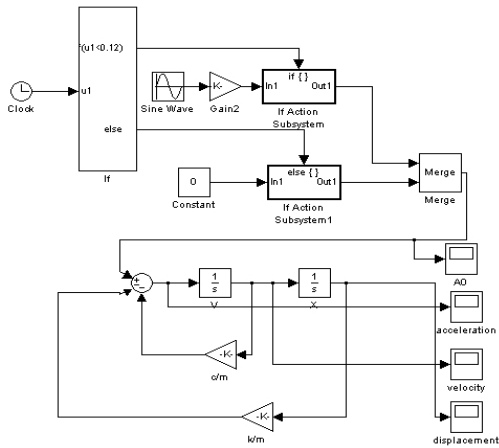
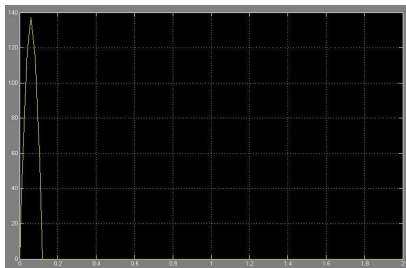
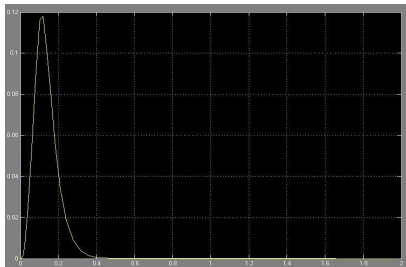


Fig. 4 The Block Diagram of Critical Damping System by Simulink



(a) Crash pulse(14g half sine/120ms)



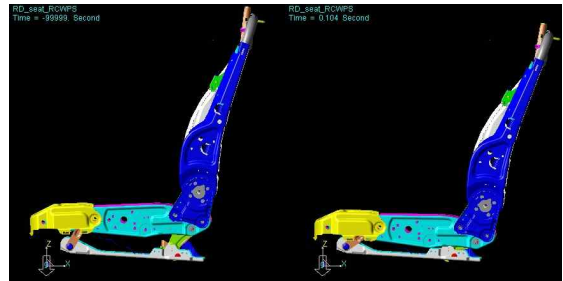
(b) Displacement

Fig. 5 The results of this system

시트의 기하학적인 형상으로 인하여 Simulink로 기본적인 Critical damping coefficient를 구하고, 이것을 비례적으로 Recurdyn에 적용하였다.

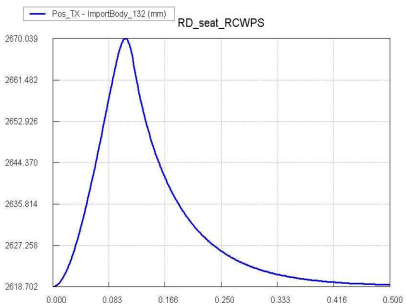
3.2 Recurdyn를 이용한 스프링과 댐퍼의 설계

1자유도를 가진 Simulink의 블럭선도와 달리 시트의 기하학적인 형상에 의해 시트의 자유도를 고려한 동역학적인 해석은 Recurdyn을 이용하여 수행하였다.[6] Catia에서 설계한 시트모델링을 stp파일로 변환하여 import한 후, 각 연결부는 joint 및 contact 기능으로 구속조건을 주었다. 하중조건은 Simulink에서 준 것과 동일하게 적용하였으며, Simulink에서 얻어진 k 와 C_c 값을 비례적으로 적용하여 적당한 변위량을 얻기 위한 해석 작업을 수행하였다.

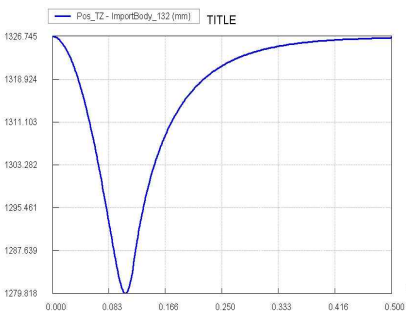


(a)before

(b)after



(c) Displacement for x-direction



(d) Displacement for z-direction

Fig. 6 Result of Dynamic Simulation

적당한 변위량(시트가 back되는 거리)은 등받이 각도(55°)에서 가장 낮은 상해치를 입게 되는 것을 기준으로 하였다.[8] 하단링크부의 움직임으로 시트백의 강성 변화가 거의 없다는 가정 하에 링크가 움직이는 가장 낮은 포인트를 설계의 기준으로 잡았다. 수행 결과 Simulink에서 나온 k 와 C_c 에 7.5배에서 예상되는 결과 값을 얻게 되었다.

Table 2. Result of Dynamic Simulation by Recurdyn

Crash pulse	14g half sine/120ms
k	514500 N/m
C_c	39285 N/(m/s)
Displacement for x-direction	51.337 mm
Displacement for z-direction	46.927 mm
Total displacement	69.553 mm

Recurdyn Simulation결과 적당한 변위(약 70mm)를 얻기 위한 k 와 C_c 를 얻게 되었다. 또한 순간적으로 충격량을 흡수하고 500ms안에 시트가 본래의 위치에 오게 되므로 운전자는 운전능력을 유지할 수 있다.

3. 결론

본 연구는 후방추돌시 인체상해방지를 위한 시트의 성능을 향상시키기 위해 자료수집 및 메커니즘 설계를 하였고, 이를 검증하기 위해 동역학적 해석을 수행하였다. 이상의 연구를 통하여 얻어진 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 인체상해를 방지하는 템퍼구조형 시트는 시트 하단링크의 운동이 1자유도의 k 와 C_c 의 7.5배에서 T1 x-acceleration을 줄일 수 있는 메커니즘이 설계되었다.
- 2) 템퍼의 역할은 인체상해를 방지할 뿐만 아니라 시트변형 및 파손이 적어 수리를 하지 않고 다시 사용할 수 있다.
- 3) 인체상해방지를 위한 시트의 움직임은 운전자의 운전능력을 상실하지 않는 범위에서 행해져야만 한다.

본 연구는 향후과제로 Sled 시험을 하여 Simulation과 시험을 비교할 것이다.

본 연구는 한국학술진흥재단의 문제해결형인력 양성사업과 한국산업기술재단의 지역혁신인력 양성사업으로 수행된 연구결과임

참고문헌

- [1] Brian O'Neill, "Head restraints-the neglected countermeasure", Insurance Institute for Highway Safety, Arlington, VA 22201-4751, USA
- [2] Hiroaki Yoshida etc., "Experimental analysis of a new flexible neck model for low-speed rear-end collisions", Accident Analysis and Prevention, Volume 33, 2001, pp. 305-312
- [3] Kenneth J. Saczalski etc., "Field Accident Evaluations and Experimental Study of Seat Performance Relative to Rear-Impact Occupant Protection", SAE Paper No. 930346
- [4] Moon-kyun Shin, Ki-jong Park, Gyung-jin Park, "Occupant Analysis and Seat Design to Reduce the Neck Injury for Rear End Impact", Journal of KSAE, Vol.7, No.9, 1999
- [5] 임종수 저, Similink Power, 아진, 2005
- [6] Recurdyn ver. 6.3, 6.4 User's manual
- [7] Jae-wan Lee, Ki-jong Park, "An Experimental study of the Relationship between Seat Back Strength and Occupant Neck Injury in Rear End Collisions", 한양대학교 석사학위논문, 1998. 12