

후방추돌 시 목상해 완화를 위한 헤드레스트 연결 메커니즘 해석

An Analysis of Head Restraint on Connection Mechanism for Reducing the Whiplash Injury in Rear end Collision

*김영신¹, #전외식²

*Y. S. Kim¹, #E. S. Jeon(osjun@kongju.ac.kr)²

¹공주대학교 기계공학과, ²공주대학교 기계자동차공학부

Key words : Head Restraint, Whiplash, Rear end Collision

1. 서론

국제경찰기관 통계자료에 의하면 자동차 사고 발생 시 운전자를 사망에 이르게 하는 치명적 사고는 70% 이상이 전방추돌에 의해 발생한다. 하지만 운전자에게 상해를 입히는 사고는 50% 이상 후방추돌에 의해 발생한다고 발표된바 있으며, 이 후방추돌에 의해 78%가 목상해를 입은 것으로 나타났다.¹⁾ 국내 보험개발원 자동차기술연구소 자료에 의하면 국내에서 후방추돌 사고로 인한 부상건수는 2005년 53만건에 달하며 이중 주요부위는 목상해로 전체의 62%인 33만건에 이르며 이로 인한 보험료가 1,800억 원 지급된 것으로 나타났다.²⁾

안전에 대한 인식증가와 목상해 치료를 위한 사회적 비용이 증가하여 후방추돌시 목상해를 예방하는 안전장치에 대한 연구가 계속되어 오고 있다. 이렇듯 사회적 문제가 됨에 따라 승객의 안전을 위하여 세계자동차수리기술위원회(RCAR)에서는 목부상해 완화를 위한 헤드레스트의 안전법규 강화 및 평가기준을 개정하였다. 또한 일부 기관에서는 각국의 자동차에 대해 안전도 평가를 실시하여 평가결과에 따라 등급 판정을 하여 발표하고 있다.

헤드레스트는 후방추돌시 목상해 완화를 위한 가장 핵심적인 안전장치이다. 전방추돌 및 측면추돌에 대한 안전장치는 에어백 및 안전벨트 등의 안전장치가 계속적으로 연구되어 일반화 되어 있는 반면 후방추돌시 목상해 완화를 위한 안전장치는 헤드레스트뿐이다. 일부 실험결과에 의하면 헤드레스트의 올바른 사용만으로도 24%의 목상해 완화를 할 수 있으며 헤드레스트의 설계개선을 통하여 목상해의 43%나 방지할 수 있다고 한다.

하지만 2008년 11월 Euro NCAP(New Car Assessment Program)에서 목상해 안전도에 따라 자종의 등급화 한 결과 국내 2종의 자동차에서 보통 및 불량 판정을 받은바 계속되는 연구에도 불구하고 국내의 자동차는 아직 미흡한 결과를 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 목상해 완화를 위하여 기존 안전성을 평가받은 시트의 헤드레스트 체결을 분석하여 새로운 시트의 연결구조를 개발하고자 한다.

2. 목상해 발생 및 헤드레스트 메커니즘

2.1 목상해 발생

목상해(Whiplash)란 저속 후방추돌 시 주로 발생하는 상해로 부상자가 목 부위의 지속적인 고통을 느끼며 장기적인 치료를 요하는 상해이다.

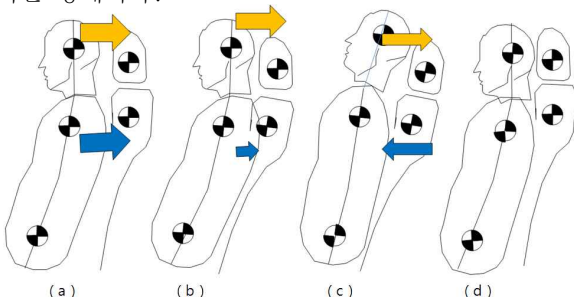


Fig. 1 The four phases of head motion as seen from the vehicle headrest

이는 후방추돌 시 승객의 몸통과 머리의 상대가속도가 다르므로 인해 발생한다. 후방추돌시 승객의 상체는 충돌 충격에 의해 자동차 운동방향과 반대방향인 시트백 쪽으로 운동을 시작한다.(Fig.1 (a)) 이어 승객의 머리도 상체와 같은 방향으로 운동을 시작하게 된다.(Fig.1 (b)) 상체는 시트백에 먼저 도달하고 반작용에 의해 운동방향을 바꿔 전진운동을 하게 된다. 이때 머리는 헤드레스트에 도달하지 못하여 계속적으로 뒤로 운동을 하게 된다. 이 경우 목이 뒤로 심하게 젖히지며 목상해가 발생하게 된다.(Fig.1 (c))

2.2 헤드레스트 기념 설계

목상해 발생의 가장 큰 원인인 목 젖힘 현상을 방지하기 위하여 헤드레스트의 설계개선 및 시트백과의 연결구조에 대한 개선이 필요하다. 본 연구에서는 헤드레스트의 작동방법 중 충돌 시 승객의 상체가 시트백에 가하는 힘에 의하여 반작용으로 헤드레스트를 전방이동 시켜 목상해를 완화하는 'Reactive Headrest' 방식으로 채택하였다. Reactive Headrest 방식은 시트백의 기구학적 설계 변경만으로도 목상해를 효과적으로 완화할 수 있다. 하지만 Fig. 2 중 (a)에서 보는바와 같이 기존의 Reactive Headrest 방식의 시트는 기본 링크 방식으로 시트백에 힘을 가할 경우 헤드레스트가 전방으로 이동을 하여 헤드레스트와 승객의 머리사이의 거리인 백셋을 감소 할 수 있지만, 헤드레스트의 회전으로 인해 오히려 뒤로 운동하고 있는 머리를 가격하게 된다. 이를 보완하기 위하여 시트백과 헤드레스트의 연결 메커니즘을 보완하였다.

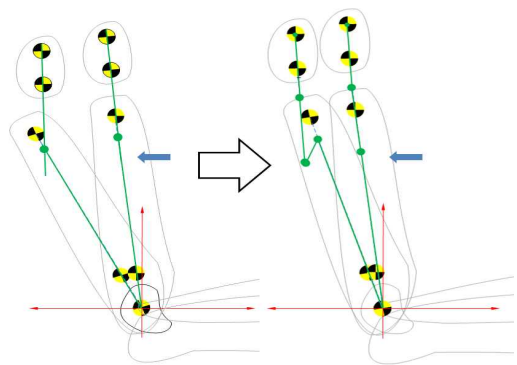


Fig. 2 Headrest Modeling

3. 헤드레스트 연결 메커니즘 분석

3.1 좌표설정 및 변수설정

목상해 완화를 위하여 헤드레스트와 시트백의 연결메커니즘이 매우 중요하다. 연결 메커니즘의 분석을 위하여 헤드레스트 운동에 영향을 줄 수 있는 각 부위에 좌표계를 부착하였다. 총 {A}~{E}까지의 5개 좌표계를 부착하였다. 시트백의 각도를 조절하는 리클라이너에 기준 좌표를 부착하였다. 또한 각 좌표계와의 각도차이를 $\alpha, \beta, \gamma, \psi$ 로 설정하였으며 각 좌표계와의 거리는 $l_1 \sim l_4$ 로 설정하였다.

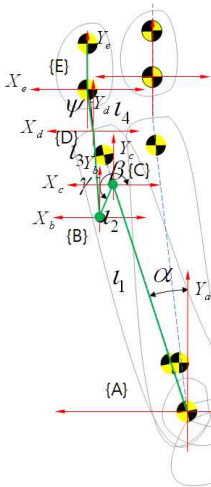


Fig. 3 Seat Coordinate

Table1. Design Parameter

기호	내용
{A}	기준좌표
{B}	좌표계 B
{C}	좌표계 C
{D}	좌표계 D
{E}	최종좌표
α	시트백 각도
β	{B}~{C}회전각
γ	{B}~{D}회전각
ψ	{D}~{E}회전각
l_1	{A}~{C}좌표거리
l_2	{B}~{C}좌표거리
l_3	{B}~{D}좌표거리
l_4	{D}~{E}좌표거리

$$\begin{matrix} n_x' = 1 & o_x' = 0 & a_x' = 0 \\ n_y' = 0 & o_y' = 1 & a_y' = 0 \\ n_z' = 0 & o_z' = 0 & a_z' = 1 \\ p_x' = 65 & p_y' = 30 & p_z' = 0 \end{matrix}$$

4. 결론

본 논문에서는 헤드레스트의 개념 설계 및 헤드레스트와 시트백 사이의 연결 메커니즘 분석을 위하여 좌표설정과 변수설정을 하였다. 헤드레스트의 기구적인 연결 메커니즘 분석을 통하여 충돌시 목상해를 완화 할 수 있는 기구학적 설계가 가능할 것으로 사료된다. 향후 본 연구를 통해 분석한 연결메커니즘에 대한 설계 및 시뮬레이션을 수행할 예정이며 후방추돌시 목상해를 완화할 수 있는 안전시트를 만들 수 있을 것으로 사료된다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 '지역 혁신인력양성사업' 으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. Masahide Sawada, Junji Hasegawa, " Development of new whip-lash prevention seat", Toyota Motor Corporation.
2. 전용범, 국산 차량의 머리지지대 동적성능 평가결과, 技研리포트 31~36
3. John J. Craig, Introduction To Robotics Mechanics and Control
4. Dongwon Choi, 'A Study on Influence of the Head Restraint Position on Neck Injury in Rear End Collision, KSAE07-S0210
5. Moon-kyun Sin, Occupant Analysis and Seat Design to Reduce the Neck Injury for Rear End Impact, SAE NO. 99370296

3.2 연결 메커니즘 분석

후방 추돌시 머리의 꺾힘을 줄이기 위하여 헤드레스트는 일반적으로 전방 운동 및 상방향 운동을 한다. 기준좌표에서 다음 좌표까지의 회전 및 전위를 통하여 헤드레스트의 운동이 가능하도록 한다. 따라서 다음과 같은 회전과 전위하기 위한 기본 변환 행렬 식을 바탕으로 각 좌표의 변환 행렬을 만든다.

$$T = \begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & p_x \\ n_y & o_y & a_y & p_y \\ n_z & o_z & a_z & p_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \text{Rotation} & \text{Translation} \\ (3 \times 3) & (3 \times 1) \\ 0 & 1 \\ (1 \times 3) & (1 \times 1) \end{bmatrix}$$

각 좌표의 변환행렬을 기준(A)좌표에서부터 헤드레스트 끝단의 최종좌표(D)까지의 곱으로 기준 좌표계에서부터 헤드레스트의 변환행렬을 확인 할 수 있다.

$${}^A T_E = {}^A T_C {}^C T_B {}^B T_D {}^D T_E$$

{A} 좌표에서 본 헤드레스트의 변환행렬은 다음과 같이 표현하였다. 최종 변환 행렬의 Rotation에 대한 3x3매트릭스는 단위행렬 매트릭스로 표현되어야 한다. 이는 헤드레스트부의 전방이동과 상방 이동은 가능하나 헤드레스트의 각도변화가 일어나지 않았음을 나타낸다. 헤드레스트의 전방이동과 상방이동으로 머리와 헤드레스트 사이의 거리를 줄여 목상해를 완화할 수 있지만 헤드레스트의 각도변화는 오히려 후방으로 운동하는 머리를 가격할 수 있기 때문에 이를 막기 위하여 헤드레스트의 각도변화는 제한하는 것이다. 또한 헤드레스트의 전위는 목상해 완화를 위한 헤드레스트의 운동거리로 헤드레스트의 전방 65mm, 상방30mm로 설정하였다.

$${}^A T_E = \begin{bmatrix} n_x' & o_x' & a_x' & p_x' \\ n_y' & o_y' & a_y' & p_y' \\ n_z' & o_z' & a_z' & p_z' \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 65 \\ 0 & 1 & 0 & 30 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

아래와 같이 최종 변환행렬은 12개의 연립방정식을 풀어 시트와 헤드레스트 사이의 연결 파라미터간의 관계를 확인 할 수 있다. 시트의 회전 및 전위는 모두 z축을 기준으로 운동한 것이며 z축의 회전 및 전위는 계산의 편의를 위하여 고려하지 않아도 된다.