

후방 추돌시험 영상을 이용한 목 손상에 관한 연구

Study on neck injury due to rear impact using crash test video clips

*서민열¹, #최덕기²

*M. Y. Seo¹ #D. K. Choi(dkchoi@dku.edu)²

¹단국대학교 기계공학과, ²단국대학교 기계공학과

Key words : Neck injury, Crash test video clips, Whiplash, Rear impact, Deformation gradient

1. 서론

2005년~ 2011년까지 차대차 사고 중 후방추돌 사고 발생률은 32.56%로서 측면충돌 사고 다음으로 높으며, 부상율은 36.27%로 정면충돌 사고 다음으로 높다¹. 그 중 특히 후방 추돌 사고는 목 손상의 주된 원인이며, 목 손상으로 인해 긴 고통과 심지어 만성적인 손상을 초래한다.^{1,2} 또한 목 손상의 연구를 위한 추돌 시험 시 실제 인체를 사용하는 것은 극히 제한적이므로 인체모형(dummy)을 이용하여 추돌 시험 연구를 하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 이러한 제한적인 요인을 보완해 보고자 영상을 통하여 추돌시 목 손상의 메카니즘을 파악하고, 목 움직임을 구간별로 나누어 목 움직임에 따른 목 손상을 파악하고 차량에 따른 부상의 특성을 알아보았다.

2. 연구방법

2.1 실험자 및 추돌시험 영상

본 연구는 Ono.K³가 지원자 12명을 통하여 경추의 움직임과 머리,목,몸통을 운동학적으로 분석한 연구를 참고로 총 10명의 실험자 중 25~29세에 키 173~181cm, 마른체형, 건장한 체형 그리고 비만 체형 4명을 대상으로 Head, OC, C4-C5에 marker를 부착하고 Neutral, Extension, Flexion, Neutral 과정으로 움직이는 목을 디지털 카메라를 이용하여 촬영하였다. 또한 각기 다른 3종의 차량에 대한 추돌시험 영상⁴을 이용하였다.

2.2 실험자 및 인체모형 목 움직임의 변위

Fig.1에서의 목 움직임을 나타낸 것과 같이 Normal-Extension, Extension-Normal, Normal-Flexion으로 모듈별로 분류하였다. 분류된 이미지들은 Fig.2에서 목 움직임에 대한 변위를 측정하는 것과 같이 각 모듈들을 측정하였다.



Fig. 1 Four positions of Neck

실험자들은 T1 부근의 인체 외부에 고정점을 잡고 목의 상대적인 움직임의 변위를 측정하였으며, 인체모형은 차량의 시트 아래 부분의 추돌시 움직임이 없는 곳을 선정하여 고정점으로 잡았다. Head, OC, C4-C5 변위를 프레임에 대한 변위를 그래프로 나타내어 목의 움직임을 분석하였다. 실험자들 목의 움직임은 체형과 신체적인 특징으로 변위량에 다소 차이를 보인다. 그리고 실험자와 추돌시험에서 인체 모형의 목 움직임에 대한 변위량 차이는 모든 차량의 시트가 추돌 사고 시 운전자 보호 장치인 WHIPS⁵를 사용한 영향으로 보인다.

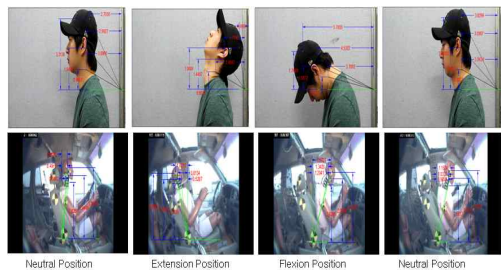


Fig.2 Four positions of a volunteer's neck

2.3 차량별 추돌 사고 시 목 움직임의 특성

변위를 이용하여 변형 구배 텐서와 변형률을 계산해보았다. Green 변형률을 계산하기 위해서는 초기 위치의 $\mathbf{x}(\zeta) = \mathbf{x}(\zeta, 0) = \sum_{\alpha=1}^n \mathbf{X}_{\alpha} N_{\alpha}(\zeta)$, 나중 위치의 $\mathbf{x}(\zeta, t) = \mathbf{x}(\zeta, t) = \sum_{\alpha=1}^n \mathbf{X}_{\alpha}(t) N_{\alpha}(\zeta)$ 두 함수를 사용하여 변형 구배 텐서(F) $\mathbf{F} = \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \mathbf{X}} = \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \zeta} \frac{\partial \zeta}{\partial \mathbf{X}} = \frac{\partial \mathbf{x}}{\partial \zeta} \left(\frac{\partial \mathbf{X}}{\partial \zeta} \right)^{-1}$ 를 유도하고 최종적으로 변형률(Green strain) $\mathbf{E} = \frac{1}{2}(\mathbf{F}^T \cdot \mathbf{F} - \mathbf{I})$ 을 계산했다.

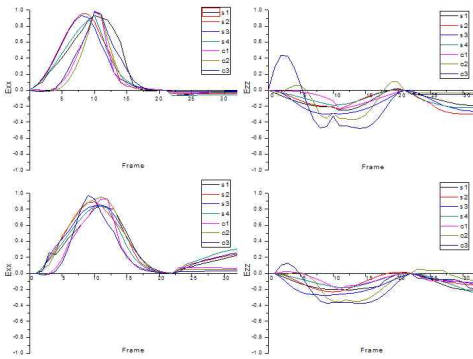


Fig.3 The strain of head versus reduced time and the strain of OC versus reduced time

Fig.3은 Head와 OC의 움직임에 대하여 Frame 과 변형률의 관계를 무차원화 한 그래프로서 Extension의 변형률이 Flexion 보다 크게 높은 것을 알 수 있다. 이것으로 Viano⁶의 지원자들 과 인체모형의 목 움직임에 대한 변위를 연구한 결과와 유사하다는 것을 알 수 있었다.

본 연구에 사용된 추돌시험의 영상은 실제 시험의 시간이 아니기 때문에 위치를 기반으로 하여 연구를 진행하였다. 그러나 추돌 직후 목에 가해지는 가속도가 차에 비해 1/2이다.⁷는 연구를 고려하여 목 손상의 중요한 요소가 되는 가속도와 속도의 영향을 고려하기 위해 총 영상 시간에서 모달들이 차지하는 비율을 고려하여 속도의 비율과 변형률의 상관관계를 비교하였다. 즉, 실험자의 변형률과 차량 추돌시험 영상의 시간 관계를 무차원화 한 그래프를 통하여 차량별 목 손상의 특성을 알아

보았다.

3. 결과 및 고찰

이전의 목 손상의 연구에는 인체 모형, 사체나 사체시편, 지원자를 통한 인체 시험들이 진행되었으나, 현재는 사체나 인체를 통한 시험은 극히 제한적인 실정이다. 그러므로 본 연구는 동영상을 통하여 목의 손상 특성을 파악할 수 있는 연구를 진행하였다. Viano연구⁶와 Panjabi.M.M⁸의 사체의 경추 와 연부조직을 이용하여 슬라이드 시험한 결과와 같이 목이 Extension 되는 부분에서 변위 및 변형률이 가장 높게 나타나는 것을 확인하였다. 또한 차량 추돌 사고의 구간별 시간에 실험자들의 변형률을 비교해 본 결과 구간별 시간이 짧고 변형률이 큰 구간에서는 시간이 길고 변형률이 동일한 구간보다 손상의 정도가 더 클 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 교통사고 통계분석 2005-2011, 도로교통공단
2. 김영은, 김수택., “후방 추돌 시 머리지지대의 강도에 따른 부상 정도 분석”, 한국정밀공학회지, 제22권, 제11호, pp.38-44, 2005
3. Ono. K., et.al., “Cervical Injury Mechanism Based on The Analysis of Human Cervical Vertebral Motion and Head-Neck-Torso Kinematics During Low Speed Rear Impacts” Society of Automotive Engineers 1997
4. <http://www.youtube.com>, “2003 Infiniti QX4 /Nissan Pathfinder FMVSS301 Rear Impact “, Volkswagen Golf FMVSS Rear Impact “, Toyota Pontiac FMVSS Rear Impact “
5. Lotta Jakobsson., et.al., “WHIPS-Volvo’ s Whiplash Protection Study,” Accident Analysis and Prevention, 32, 301-319, 2000
6. David C. Viano., et.al., “Neck Displacements of Volunteers, BioRID P3 and Hybrid III in Rear Impact” Traffic Injury Prevention, 3, 105-116, 2002
7. Panjabi, M.M., Wang, J.L., “Neck Injury Criterion Based on Intervertebral Motion and its Evaluation Using an Instrumented Neck Dummy,” IRCOBI , 179-190, 1999
8. Panjabi.M.M., Jacek Cholewicki., “Mechanism of Whiplash Injury”, Clinical Biomechanics 13 pp.239-249, 1988