

자동차 시트 프레임의 구조 강도 해석에 관한 연구

김기선¹, 김성수², 김세환³, 조재웅^{1*}

¹공주대학교 기계자동차공학부, ²공주대학교 대학원 기계공학과

³공주대학교 금형설계공학과

Study on Structural Strength Analysis of Automotive Seat Frame

Key-Sun Kim¹, Sung-Soo Kim², Sei-Hwan Kim³ and Jae-Ung Cho^{1*}

¹Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

²Division of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju University

³Department of Metal Mold Design Engineering, Kongju University

요 약 자동차 부품 중 승차감이나 안전에 직접적으로 관련된 부분은 시트이다. 또한 이러한 여건을 만족시키면서 승객의 안전을 보장하는 충분한 강성과 강도를 가져야 한다. 자동차 시트는 3D 모델링 되었고, 전후 유격, 측면 유격 및 전후 모멘트 강도의 3가지 실험에 대하여 시뮬레이션으로서 구조해석을 하였다. 해석 결과, 전후 유격 시험에서는 0.038°의 변형 각도의 값과 측면 유격 시험에서는 0.04°의 변형 각도의 값이 각각 나타났다. 또한 전후 모멘트 강도 시험에서는 전방 및 후방 하중 시에 최대의 전변형량 값이 각각 0.18946mm 및 3.2482mm로 나타났다. 본 연구결과는 자동차 시트 프레임의 과도한 변형 및 파괴가 없으므로 승객의 안전을 보장하는 충분한 강성과 강도를 검증할 수 있었다.

Abstract Seat is the part relevant to comfortableness and safety among automotive parts directly. It also should have sufficient stiffness and strength to satisfy these conditions and ensure the safety of passenger. Automotive seat is modelled with 3D and is simulated with structural analyses about three kinds of experiments by before and after gap, side gap, before and after moment strength. As analysis result, deformation angles of 0.038° and 0.04° are respectively shown at before and after gap test, side gap test. Through before and after the moment strength test, maximum total deformations of 0.18946mm and 3.2482mm are respectively shown at front and rear loads. By the study result of no excessive deformation and no fracture at automotive seat frame, the sufficient rigidity and strength to guarantee the safety of passenger can be verified.

Key Words : Automotive seat, Before and after gap test, Side gap test, Before and after moment strength test, Maximum total deformation

1. 서론

20세기 후반에 접어들면서 선진 각국의 자동차 산업은 기존의 양적 생산에서 기술능력 개발 및 독자기술 확보를 통한 질적 생산으로의 전환을 꾀하고 있다[1]. 이러한 질적 생산으로의 발전을 뒷받침하기 위해서는 자동차의 디자인이나, 각 부품의 독자적인 설계능력이 무엇보다

도 중요하며, 이에 대한 기술 개발이 이루어질 때 경쟁력을 갖춘 자동차 산업을 이끌어 갈 수 있다. 이러한 자동차 부품 중 승차감이나 안전에 관련된 부분으로는 현가장치나 자동차 전체의 구조와 새시 등이 있으며, 운전자와 직접적으로 관계되는 부분으로는 시트를 들 수 있다[2-3]. 자동차 시트는 단순히 인체를 지지하는 것에 그치지 않고 안전성, 안락성, 편리성, 디자인 등이 종합적으로

본 연구는 지식경제부 지정 공주대학교 자동차의장 및 편의부품 지역혁신센터의 지원에 의한 것입니다.

*Corresponding Author : Jae-Ung Cho

Tel: +82-10-8807-8977 email: jucho@kongju.ac.kr

Received October 24, 2012

Revised November 9, 2012

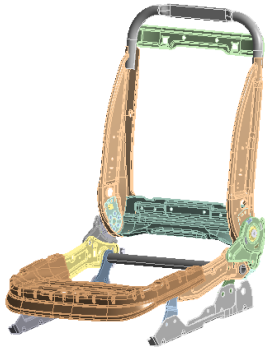
Accepted January 10, 2013

고려된 것으로 일반 좌석과는 다르게 인간공학과 감성공학이 깊게 반영되고 있다. 또한 이러한 여건을 만족시키면서 승객의 안전을 보장하는 충분한 강성과 강도를 가져야 한다[4-6]. 본 연구에서는 자동차 시트를 CATIA를 통해 3D 모델링하였으며, 이를 유한요소 해석 프로그램 ANSYS를 이용하여 구조해석 및 진동해석을 수행하였다. 이를 통하여 시제품 제작 이전에 신뢰할 만한 시험 결과를 예측함으로써 최소의 시제품 제작이 가능하게 되었으며 또한 시험 방법 및 결과에 대한 표준화 및 각종 시험 데이터베이스 구축이 용이하게 된다[7]. 궁극적으로 다양한 부품 설계방안에 대한 가상 시험 및 성능 비교평가가 가능하여 최종적으로 개발 제품의 품질 향상에 기여할 수 있다[8].

2. 연구 모델

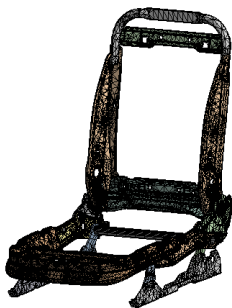
2.1 연구 모델

본 연구에서는 자동차 시트를 실제와 같은 크기로 3D 모델링을 하였다. 3D 모델링은 CATIA를 사용하였으며, 자동차 시트의 모델구조는 Fig. 1과 같다.



[Fig. 1] Analysis model

Fig. 2는 자동차 시트 모델에 대한 메시이다.



[Fig. 2] Mesh configuration of analysis model

Fig. 2와 같이 유한요소 모델에서 메쉬는 사면체요소 (Tetrahedron)로 분할하였으며, 절점과 요소의 수는 각각 565659개와 294370개로 이루어져 있다.

2.2 연구 모델의 물성치

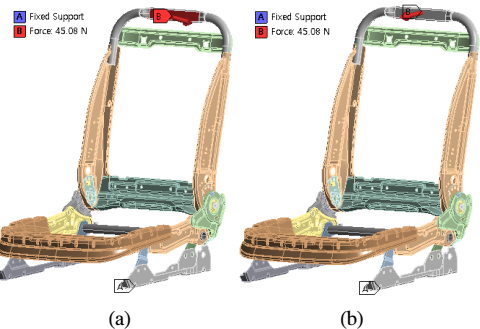
본 연구에서 사용된 자동차 시트의 물성치는 Table 1과 같다.

[Table 1] Property of automotive seat

Material Item	Young's Modulus (GPa)	Density (kg/mm ³)	Bulk Modulus	Shear Modulus
Structural Steel	2×10^{11}	7850	1.6667×10^{11}	7.6923×10^{10}
SAPH440	2.068×10^{11}	7.8×10^{-6}	2.0275×10^{11}	7.7744×10^{10}
SPFC590	2.1×10^{11}	7.8×10^{-6}	1.75×10^{11}	8.0769×10^{10}
SPFH590	2.05×10^{11}	0.000728	1.6348×10^{11}	7.9396×10^{10}
SPRC440E	2.1×10^{11}	7850	1.8421×10^{11}	8.0153×10^{10}

3. 시트 전후 유격 시험

3.1 경계 조건



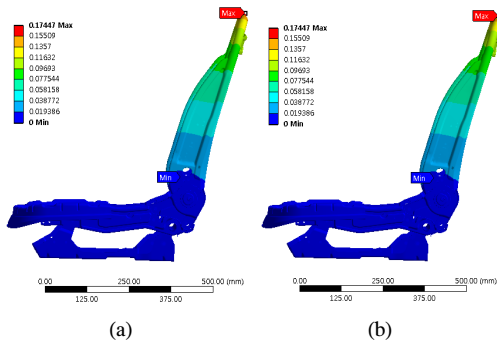
[Fig. 3] Boundary condition of before and after gap test at automotive seat

시트 백 회전축에 대하여 무부하 상태에서 시트 백 프레임 상단의 중앙에 45.08N 모멘트를 적용하였다. 그리고 힘의 적용 방향을 전방(a)과 후방(b) 두 방향으로 각각 부하하였다. 또한 자동차 시트 가장 하단 프레임 밑면을 고정하였다. 이와 같은 경계 조건을 Fig 3에 나타내었다.

3.2 해석 결과

위의 경계 조건을 토대로 자동차 시트 모델을 전변형량과 등가응력을 해석하였다. 자동차 시트 전후 유격 시험의 전변형량의 해석 결과를 나타내는 그림은 Fig 4와

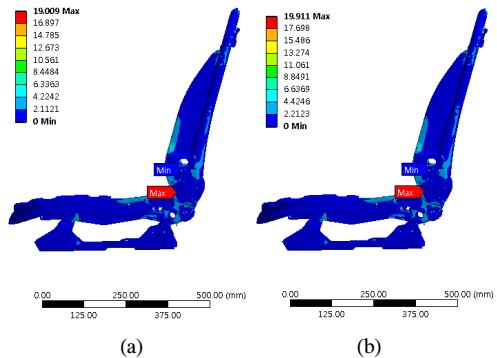
같다. 전방에서 모멘트를 부하한 결과 (a) 경우로서의 전 변형량의 최대값은 0.17447mm이고 후방에서 모멘트를 부하한 결과 (b) 경우로서는 0.18677mm라는 결과 값을 얻었다. 전변형량의 합을 각도로 환산하면 전방에서 모멘트를 부하 시 0.018°, 후방에서 부하 시 0.02°로서 두 방향의 변형 각도 합은 0.038°이고, 요구 기준치는 변형 각도가 0.3°이다. 이로써 모두 만족을 하고 있다.



[Fig. 4] Total deformation of before and after gap test at automotive seat

자동차 시트 전후 유격 시험의 등가응력의 해석 결과를 나타내는 그림은 Fig 5와 같다.

전방에서 모멘트를 부하 시 등가응력 결과는 (a) 경우는 그 최대값이 약 19MPa로 나타났으며, 후방에서 모멘트를 부하 시, (b) 경우는 그 최대값이 약 20MPa로 나타났다.

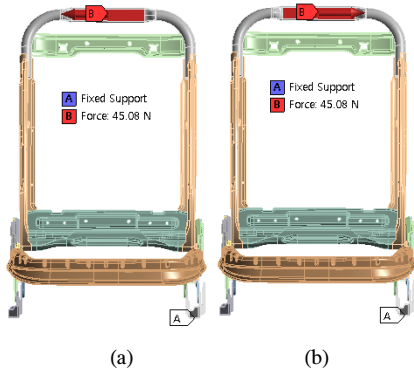


[Fig. 5] Equivalent stress of before and after gap test at automotive seat

자동차 시트 전후 유격 시험의 구조해석 결과에서 볼 수 있듯이 미세한 차이지만 후방으로 부하한 상태의 변형량이 전방으로 부하 한 상태의 변형량보다 적게 나왔다.

4. 시트 측면(좌우) 유격 시험

4.1 경계 조건

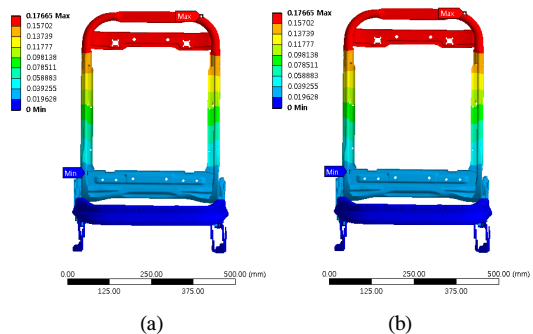


[Fig. 6] Boundary condition of side gap test at automotive seat

시트 백 회전축에 대하여 무부하 상태에서 시트 백 프레임 상단의 중앙에 45.08N 모멘트를 적용하였다. 그리고 힘의 적용 방향을 각각 좌측 방향(a)과 우측 방향(b)으로 나누었다. 또한 자동차 시트 가장 하단 프레임 밀면을 고정하였다. 이와 같은 경계 조건을 Fig. 6에 나타내었다.

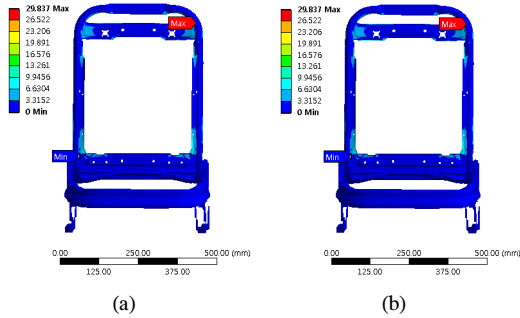
4.2 해석 결과

위의 경계 조건을 토대로 자동차 시트 모델을 전 변형량과 등가응력을 해석하였다. 자동차 시트 측면 유격 시험 전변형량의 해석 결과를 나타내는 그림은 Fig. 7과 같다. (a), (b) 두 방향 모두 전변형량 최대값은 0.17665mm 인 값을 얻었다. 전변형량의 합을 각도로 환산하면 0.02°로서 두 방향의 변형 각도 합은 0.04°이고, 요구 기준치는 변형 각도 0.3°이다. 이로써 요구 기준에 모두 만족을 하였다.



[Fig. 7] Total deformation of side gap test at automotive seat

자동차 시트 측면 유격 시험의 등가응력 해석 결과를 나타내는 그림은 Fig. 8과 같다. 자동차 시트 측면 유격 시험의 등가응력 값은 a), (b) 두 방향 모두 그 최대값이 약 30MPa로 나타났다.

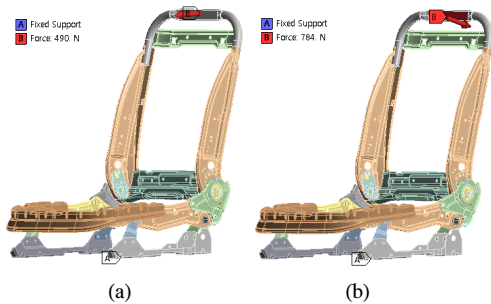


[Fig. 8] Equivalent Stress of side gap test at automotive seat

자동차 시트 측면 유격 시험의 구조해석 결과에서 볼 수 있듯이 부하 방향에 관계없이 같은 값을 나타내고 있다.

5. 전후 모멘트 강도 시험

5.1 경계 조건



[Fig. 9] Boundary condition of before and after moment strength test at automotive seat

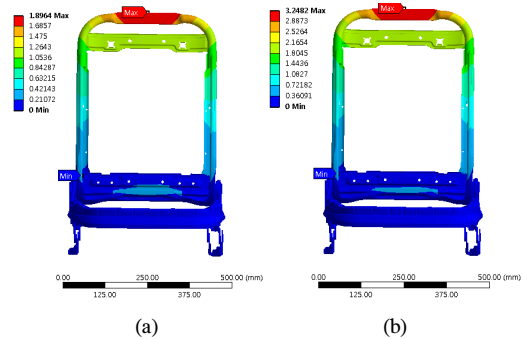
전방 하중 부하시, 버킷 시트 중앙에 수평방향으로 490N의 힘을 적용하고, 시트 프레임 가장 하단 프레임 밑면을 고정하였다. 이 형상을 Fig. 9의 (a)에 나타냈다.

후방 하중 부하시, 버킷 시트 중앙에 프레임에 직각 방향으로 784N의 힘을 적용하고, 시트 프레임의 가장 하단 쪽의 프레임 밑면을 고정하였다. 이 형상을 Fig. 9의 (b)에 나타냈다.

5.2 해석 결과

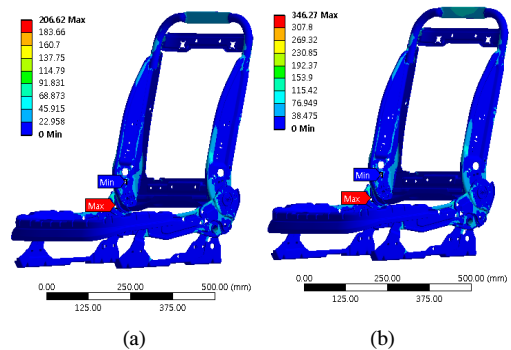
위의 경계 조건을 토대로 자동차 시트 모델을 전 변형

량과 등가응력을 해석하였다. 자동차 시트 전후 모멘트 강도 시험의 전변형량 해석 결과를 나타내는 그림은 Fig. 10과 같다. 전방 하중 부하시 전변형량 결과, (a) 경우로서 그 최대값은 0.18946mm이고 후방 하중 부하시 전변형량 결과, (b) 경우로서 그 최대값은 3.2482mm을 얻었다. 따라서 자동차 시트 프레임의 과도한 변형 및 파괴가 없음을 변형량 해석 결과를 통하여 알 수가 있었다.



[Fig. 10] Total deformation of before and after moment strength test at automotive seat

자동차 시트 전후 모멘트 강도 시험의 등가응력 해석 결과를 나타낸 그림은 Fig. 11과 같다. 전방에 하중 부하시 등가응력 결과는 (a)의 경우로서 그 최대값은 약 206MPa로 나타났으며, 후방에 하중 부하시 등가응력 결과는 (b)의 경우로서 그 최대값은 약 346MPa로 나타났다.



[Fig. 11] Equivalent stress of before and after moment strength test at automotive seat

6. 결론

본 연구에서는 자동차 시트를 구조해석을 통해 시트 전후 유격 시험, 시트 측면(좌우) 유격 시험, 전후 모멘트 강도 시험에 대한 구조 해석을 한 연구 결과는 다음과 같다.

1. 시트 전후 유격 시험에서는 후방 부하시 전변형량의 최대값은 0.17447mm이고, 등가응력 최대값은 약 19MPa이다. 전방부하시 전변형량의 최대값은 0.18677mm이고, 등가응력 최대 값은 약 19MPa이다. 이를 각도로 환산한 두 방향의 변형 각도 합은 0.038°이다.
2. 시트 측면(좌우) 유격 시험에서는 부하 방향에 관계 없이 두 방향 모두 전변형량 최대값이 0.17665mm가 나왔고, 등가응력 최대값은 약 30MPa가 나왔다. 이를 각도로 환산한 두 방향의 변형 각도 합은 0.04° 이다.
3. 전후 모멘트 강도 시험에서는 전방 하중 시 전변형량의 최대값은 0.18946mm이고, 등가응력 최대값은 약 206MPa이다. 후방 하중시 전변형량의 최대값은 3.2482mm이고, 등가응력의 최대값은 약 346MPa이다.
4. 본 연구결과는 자동차 시트 프레임의 과도한 변형 및 파괴가 없으므로 승객의 안전을 보장하는 충분한 강성과 강도를 검증할 수 있었다.

References

- [1] H. Y. Lee, J. Y. Lim, H. T. Bom , "A Study on the Structural Analysis of Car Seat Frame", Annual Conference of KSAE, Vol. 2, pp. 170-176, June, 1997.
- [2] S. H. Hwang, K. N. Lee, S. D. Park and J. K. Pyun, "Driving Adaptive control System Development for Air-Bladder Seat", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 4, pp. 2237-2244, June, 2007.
- [3] S. N. Park, "Development Trend of Car Seat Technology", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 31, No. 4, pp. 26-33, August, 2009.
- [4] H. J. Lee, J. H. Won, S. H. Son, S. J. Heo and J. H. Choe, "Fatigue Life Prediction Algorithm and Analysis Programming of Vehicle Components", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 2, pp. 1345-1352, June, 2006.1.
- [5] J. M. Lim, I. S. Jang, "The Strength Analysis of Passenger Car Seat Frame", Journal of KSAE, Vol. 11, No. 6, pp. 205-212, 2003
- [6] K. S. Kim, W. H. Han, Y. H. Youn, B. J. Hwang, "Design of Magnesium Seat Back Frame Using Sensitivity analysis", Annual Conference of KSAE, pp. 2122-2126, November, 2009

- [7] D. M. Park, K. S. Kim, D. S. Choi, S. H. Kim, W. S. Park, J. U. Cho, "A basic study on plastic suspension system for automotive seat under consideration of body pressure distribution", Journal of KAIS, Vol. 12, No. 11, pp. 4751-4755, November, 2011.
DOI : <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.11.4751>
- [8] J. U. Cho, K. S. Kim, D. S. Choi, S. H. Kim, S. O. Bang, C. K. Cho, "Development of plastic suspension system for automotive seat", Journal of KAIS, Vol. 12, No. 3, pp. 1091-1097, March, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2011.12.3.1091>

김 기 선(Key-Sun Kim)

[종신회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1983년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1994년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1989년 7월 : 기계제작 기술사
- 1994년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

자동차 내장 및 시트 부품, 자동차 내외장 부품 제조공정

김 성 수(Sung-Soo Kim)

[준회원]



- 2011년 2월 : 공주대학교 자동차공학과 (공학사)
- 2012년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 (공학석사)

<관심분야>

기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석

김 세 환(Sei-Hwan Kim)

[종신회원]



- 1971년 2월 : 수도공과대학 기계공학과 (공학사)
- 1986년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학석사)
- 1997년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계학과 (공학박사)
- 1997년 2월 : (주) 삼아 공장장
- 1982년 3월 : 천안공업대학 금형설계과 교수
- 2010년 2월 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수
- 2012년 2월 : 공주대학교 금형설계공학과 교수

<관심분야>

프레스 금형, 단조가공, 금형열처리

조 재 응(Jae-Ung Cho)

[종신회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1986년 8월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

기계 및 자동차 부품 설계 및 내구성 평가, 피로 또는 충돌 시 동적 해석