

자동차 시트의 플라스틱 서스펜션 매트의 진동과 피로해석에 관한 연구

최해규¹, 김기선², 김세환², 조재웅^{2*}

¹공주대학교 대학원 기계공학과, ²공주대학교 기계자동차공학부

Study on Vibration and Fatigue Analysis for Plastic Suspension Mat of Automotive Seat

Hae-Kyu Choi¹, Key-Sun Kim², Sei-Hwan Kim² and Jae-Ung Cho^{*2}

¹Division of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju University

²Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

요약 본 자동차 서스펜션 매트는 자동차 시트 백 프레임에 장착되며, 탑승자의 등 부위에 가해지는 압력을 시트 서스펜션 매트로 받쳐줌으로써 압력이 집중되는 것을 방지하여 운전시 피로감을 최소화하고, 안락감을 증대할 수 있는 역할을 한다. 본 연구에서는 플라스틱 재질로 개발된 서스펜션 매트를 3D 모델링 하고, 진동 및 피로해석을 수행하였다. 해석 결과 플라스틱 서스펜션 매트의 고유 진동수는 30 Hz, 수명은 10^6 Cycle, 안전계수는 1.6055의 해석 결과를 얻었다. 이러한 해석적 기법을 활용하면 시트 설계 부분에서 그 개발 시간 및 평가 비용을 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract Automotive suspension mat is installed at seat back frame. As the back part of passenger is supported by suspension mat, it is prevented from the pressure concentration. The tired feeling at driving is minimized and the comfortable feeling is increased. In this study, vibration and fatigue are analyzed with plastic suspension mat modelled by 3 Dimension. By the analysis result, the natural frequency becomes 30 Hz with life of 10^6 cycle and safety factor of 1.6055. Development time and evaluation cost can be cut down by utilizing this analytical technique.

Key Words : Suspension mat, Seat back frame, Vibration, Natural frequency, Fatigue

1. 서론

오늘날의 자동차 시트는 승객과 항상 같이 움직이며 호흡할 수 있는 제품으로 그 역할과 기능에 있어서 다양 한 기능 및 성능이 요구된다. 자동차 시트는 단순히 인체를 지지하는 것에 그치지 않고 안전성, 안락성, 편리성, 디자인 등이 종합적으로 고려된 것으로 일반 좌석과는 다르게 인간공학과 감성공학이 깊게 반영되고 있으며, 안락성 측면에서 장시간 탑승시 피로가 적고쾌적성을 유지하는 것이 중요하다[1-3].

시트쿠션은 체중을 이상적으로 배분해야 하고 충격과

진동을 잘 흡수해야 한다. 일반적으로 운전자가 좌좌시 쿠션과 접촉하는 영역이 부분에서 체중의 75% 정도를 지지하며, 특히 좌골결절(ischial tuberosity)에 높은 체압이 집중되는 것으로 확인되었다. 이러한 체압의 집중은 혈액의 흐름을 방해하여 승차감에 바쁜 영향을 미친다 [4-5].

따라서 자동차 시트의 승차감에 큰 영향을 미치는 요한 요소인 서스펜션 매트에 대한 개발과 연구가 더욱 필요하다고 사료되며, 연구를 통하여 다양한 부품 설계방안에 대한 가상 시험 및 성능 비교평가가 시행되어야 한다고 사료된다. 시트 서스펜션 매트는 자동차 시트 Back

본 논문은 지식경제부 지역산업기술개발사업의 기술개발 중 일부 결과입니다.

*교신저자 : 조재웅(juchoo@kongju.ac.kr)

접수일 11년 12월 29일

수정일 12년 01월 27일

계재확정일 12년 02월 10일

frame에 장착되며, 탑승자의 등 부위에 가해지는 압력을 시트 서스펜션 매트로 받쳐줌으로써 압력이 집중되는 것을 방지하여 운전시 피로감을 최소화 하고, 안락함을 증대할 수 있다.

본 연구에서는 플라스틱 재질로 새로 개발된 시트 서스펜션 매트를 3D 모델링 하였으며, 이를 유한요소 해석 프로그램을 이용하여 진동해석 및 피로해석을 수행하였다. 유한요소 해석에는 ANSYS를 사용하였다[6]. 이를 통하여 시제품 제작 이전에 신뢰할 만한 시험 결과를 예측함으로써 최소의 시작품 제작이 가능하게 되었으며 또한 시험 방법 및 결과에 대한 표준화 및 각종 시험 데이터베이스 구축이 용이하게 된다. 궁극적으로 다양한 부품 설계방안에 대한 가상 시험 및 성능 비교평가가 가능하여 최종적으로 개발 제품의 품질 향상에 기여할 수 있다[7].

2. 연구 모델 및 경계조건

2.1 연구모델

본 연구에서는 플라스틱 서스펜션 매트를 실제와 같은 크기로 3D 모델링을 하였다. 3D 모델링은 CATIA V5를 사용하였으며, 3D 설계된 플라스틱 서스펜션 매트의 모습은 Fig. 1과 같다.



[그림 1] 해석 모델

[Fig. 1] Analysis Model



[그림 2] 유한요소모델

[Fig. 2] Finite element model

Fig. 2와 같이 유한요소 모델에서 Mesh는 Hex dominant Method를 이용하여 6면체의 요소로 분할하였으며, Node 점과 Element의 수는 각각 48309개와 12158개로 이루어져 있다.

본 논문에서는 플라스틱 서스펜션 매트의 재질을 설정하여 해석을 수행하였으며, 해석에 사용된 재질의 물성치는 Table. 1에 나타나 있다.

[표 1] 모델의 물성치

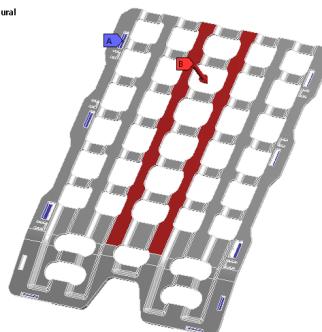
[Table 1] Material property of model

Polyethylene	
Density(kg/m ³)	950
Poisson's Ratio	0.42
Young's Modulus(MPa)	1.1×10^3
Tensile Yield Strength(MPa)	25
Tensile Ultimate Strength(MPa)	33

2.2 경계조건

본 연구에서는 해석을 수행함에 있어서 구속조건은 서스펜션의 시트 백 프레임에 탄성 와이어로 고정되는 방식이므로 탄성 와이어와 결합되는 부분에 Frictionless support의 구속조건을 부여하였고, 서스펜션에 작용하는 힘은 제압분포를 고려하여 서스펜션 가운데 부분에 70N의 힘을 적용하였고, Fig. 2와 같이 2개의 지점에 수직으로 작용하도록 설정하여 해석을 수행하였다.

A: Model Static Structural
Static Structural
Time 1. s
Frictionless Support
Force 70 N



[그림 3] 경계조건

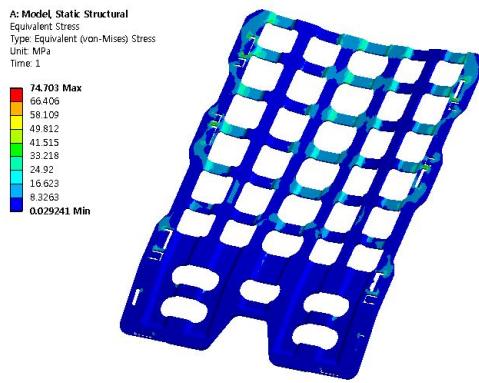
[Fig. 3] Boundary condition

3. 구조해석 및 결과

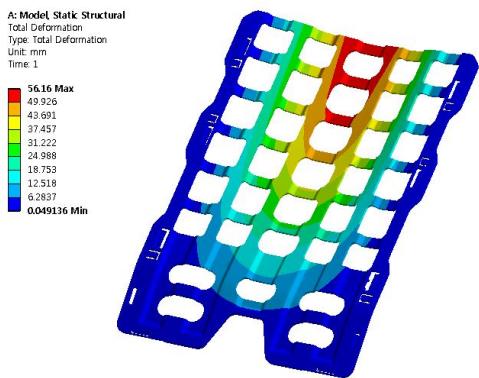
3.1 Static Structural

플라스틱 서스펜션의 등가응력은 Fig. 4와 같이 약

75MPa로 나타났다. 전변형량은 Fig. 5와 같이 약 56mm로 나타났다.



[그림 4] 등가응력 등고선
[Fig. 4] Contour of equivalent stress

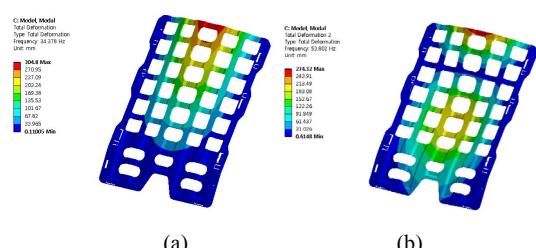


[그림 5] 변형량 등고선
[Fig. 5] Contour of total deformation

해석 결과 플라스틱 서스펜션의 위 부분 쪽으로 응력이 집중되어 변형이 크게 일어난 것을 확인하였다.

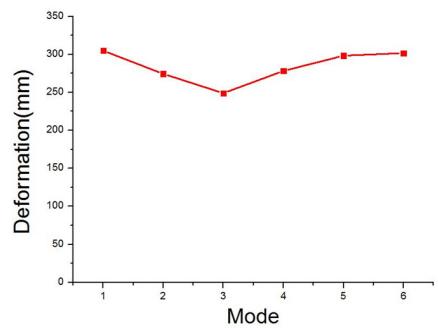
3.2 Modal Analysis

Fig. 6은 (a)~(f)까지 6가지의 진동 모드에 대한 변형량을 나타내는 그림이다.



[그림 6] 모달해석 결과의 변형량
[Fig. 6] Deformation at result of modal analysis

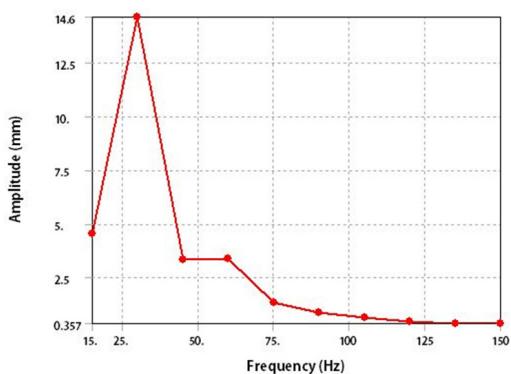
Fig. 7은 각각의 모드에 대한 전변형량의 Maximum값을 그래프로 나타낸 것이다. Mode 1번에서 304.8mm의 최대 변형이 일어난 것을 확인할 수 있다.



[그림 7] 모달해석 결과
[Fig. 7] Result of modal analysis

3.3 Harmonic Analysis

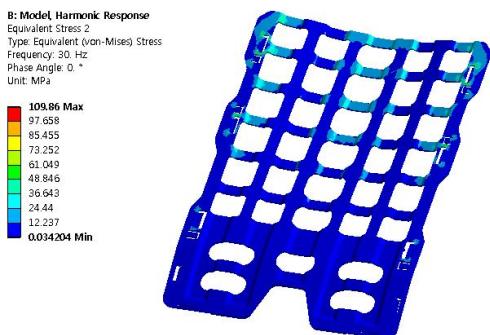
고유진동을 알아보기 위하여 Harmonic 해석을 수행하였다. Fig. 8에서와 같이 30Hz의 진동에서 14.624mm의 최대 진폭이 일어나는 것을 확인하여 고유진동수임을 알았다.



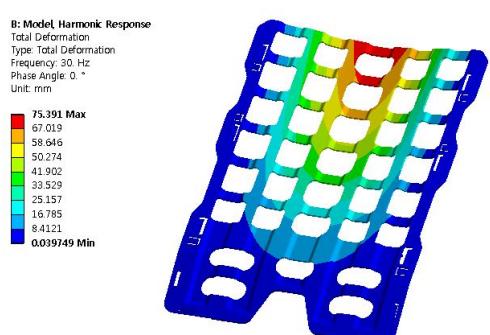
[그림 8] 조화응답해석
[Fig. 8] Harmonic response analysis

Fig. 9와 Fig. 10은 Harmonic 해석 결과 고유진동수로 확인되어진 30 Hz에서의 등가응력과 전변형량을 나타내는 그림이다.

등가응력의 Maximum 값은 약 110MPa의 결과를 얻었으며, 변형량의 Maximum 값은 75mm이다.



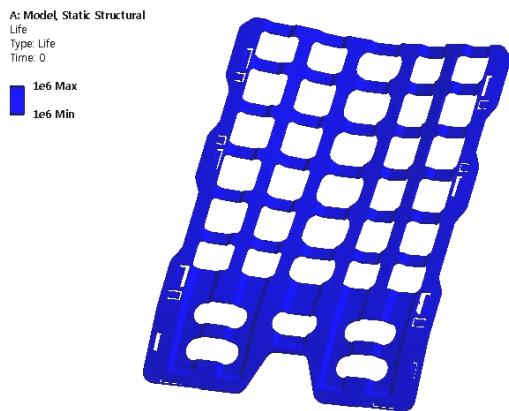
[그림 9] 하모닉 해석의 등가응력 등고선
[Fig. 9] Equivalent stress of harmonic analysis



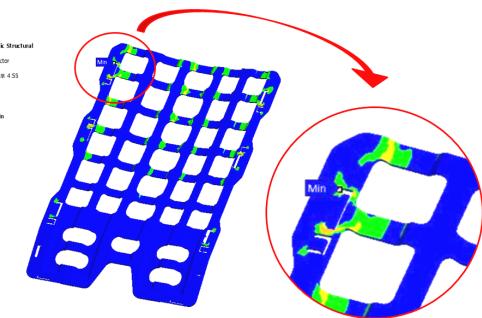
[그림 10] 하모닉 해석의 변형량 등고선
[Fig. 10] Total deformation of harmonic analysis

3.4 Fatigue Analysis

피로해석에서는 모델의 수명과 안전계수를 알아보았다. Fig. 11에서는 수명에 대한 피로해석 결과이며, Fig. 12는 안전계수에 대한 해석 결과이다. 서스펜션 매트의 수명은 10^6 Cycle의 결과를 얻었으며, 서스펜션 매트의 안전계수에서는 1.87의 값을 얻을 수 있었다.



[그림 11] 수명에 대한 피로해석 결과
[Fig. 11] Result of fatigue analysis about the life



[그림 12] 안전계수에 대한 피로해석 결과
[Fig. 12] Result of fatigue analysis about the safety factor

4. 결론

본 연구에서는 자동차 시트의 플라스틱 서스펜션 매트의 진동해석과 피로해석을 수행하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1. 구조해석 결과 최대 등가응력은 75MPa로 나타났으며, 전변형량은 56mm로 나타났다.
2. Modal 해석의 결과에서는 1번 mode에서 304.8mm의 최대 변형이 일어났으며, Harmonic 해석에서는

30Hz의 진동에서 14.624mm의 최대 진동이 일어나는 것을 확인할 수 있었다.

3. 피로해석을 수행하여 Life는 10^6 Cycle의 결과를 얻었으며, 안전계수의 Mnimum 값은 1.87로 나타났다.
4. 이러한 해석적 기법을 활용하면 점점 중요시 되고 있는 시트 설계 및 평가 부분에서 개발 시간 및 평가 비용을 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] J. U. Cho, K. S. Kim, D. S. Choi, S. H. Kim, S. O. Bang and C. K. Cho, "Development of Plastic Suspension System for Automotive Seat", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 12, No. 3, pp. 1091-1097, March, 2011.
- [2] 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.
- [3] J. H. Kim, D. U. Park, J. H. Lee, M. K. Kim and W. S. Yoo, "Evaluation of Ride Comfort considering Seat Vibration", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 1, No. 2, pp. 535-587, May, 2002.
- [4] H. C. Lee, H. M. Park, H. H. Na, J. S. Kim, H. I. Cho and O. H. Jeon, "A Study on the Comfort Evaluation Method for Automotive Seat", Journal of the Korea Society of Automotive Engineers, Vol. 3, pp. 1412-1416, July, 2007.
- [5] 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.
- [6] J. U. Cho, B. S. Min, K. S. Kim, D. S. Choi and C. K. Cho, "A Study on the Displacement of Lumber Support Affecting the Comfortableness of passenger", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 11, No. 9, pp. 3168-3175, September, 2010.
- [7] 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.

최 해 규(Hea-Kyu Choi)

[준회원]



- 2011년 2월 : 공주대학교 자동차 공학과 (공학사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계공학과 (공학석사)

<관심분야>

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

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 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

<관심분야>

프레스 금형, 단조가공, 금형열처리

조재웅(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