

## 시트 백 프레임의 형상에 따른 구조 해석에 관한 연구

김성수<sup>1</sup>, 최해규<sup>1</sup>, 최두석<sup>2</sup>, 김세환<sup>2</sup>, 오범석<sup>2</sup>, 조재웅<sup>2\*</sup>, 국정환<sup>3</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 대학원 기계공학과, <sup>2</sup>공주대학교 기계자동차공학부, <sup>3</sup>한국기술교육대학교 기계정보공학부

### Study on Structural Analysis due to Configuration of Seat Back Frame

Sung-Soo Kim<sup>1</sup>, Hae-Kyu Choi<sup>1</sup>, Doo-Seuk Choi<sup>2</sup>, Sei-Hwan Kim<sup>2</sup>, Bum-Suk Oh<sup>2</sup>,  
Jae-Ung Cho<sup>2\*</sup> and Jeong-Han Kook<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Division of Mechanical Engineering, Graduate School, Kongju University

<sup>2</sup>Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

<sup>3</sup>School of Mechanical Engineering, Korea University of Technology and Education

**요 약** 승차감이나 안전에 관련된 부분 중 하나인 자동차 시트는 차량 주행시 전달되는 충격이나 진동을 적절하게 흡수하여 승객에게 안락성을 제공한다. 또한 이러한 여건을 만족시키면서 승객의 안전을 보장하는 충분한 강성과 강도를 가져야 한다. 자동차 시트는 2가지의 모델로 설계를 하고 구조 해석을 하였다. 그 결과, 시트 백 프레임의 모델 (b)가 (a)보다 적은 변형량과 피로 수명을 보였다. 모델의 중앙에 해당되는 허리부분에서 가장 많은 변형량과 파손 가능성을 보였다. 고유진동수를 적용한 진동해석에서, 모델(a)의 경우는 모델의 바깥쪽에서 안쪽으로 변형이 되었고, 모델(b)의 경우는 모델의 안쪽에서 바깥쪽으로 변형이 되었다. 전반적으로 모든 면에서 모델(b)가 (a)보다 구조적으로 안전하다고 사료된다.

**Abstract** The Automotive seat is the component related at passenger feeling and safety. It absorbs the impact or vibration and supplies the comfortableness. It must also have sufficient rigidity and strength to satisfy these given conditions. Two kinds of seat models are designed and studied by structural analysis. Seat back frame (b) has lower deformation and fatigue life than (a). Most deformation and damage possibility is shown at the waist, that is the middle of model. On the vibration analysis at which natural frequency is applied, model (a) has the deformation from outside to inside of model, but model (b) has the deformation from inside to outside of model. Model (b) is safer than model (a) structurally at most cases.

**Key Words** : Automotive seat, Passenger feeling, Comfortableness, Fatigue life, Fatigue damage, Natural frequency

### 1. 서론

오늘날 승용차의 사용이 점차 증가함에 따라 자동차 본래의 기능인 운반의 수단은 기본적으로 충족되고, 부가적으로 안전이나 승차감, 편의성, 디자인 등에 대한 관심이 날로 높아지고 있는 추세이다[1-3]. 승차감이나 안전에 관련된 부분으로는 현가장치나 자동차 전체의 구조와

새시 등이 있으며, 운전자와 직접적으로 관계되는 부분으로 시트를 들 수 있다[4]. 자동차 시트는 차량 주행 시 전달되는 충격이나 진동을 적절하게 흡수하여 승객에게 안락성을 제공한다. 또한 이러한 여건을 만족시키면서 승객의 안전을 보장하는 충분한 강성과 강도를 가져야 한다 [5].

본 연구에서는 자동차의 중요한 요소 중 하나인 자동

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

\*교신저자 : Jae-Ung Cho

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

접수일 12년 01월 10일

수정일 12년 01월 31일

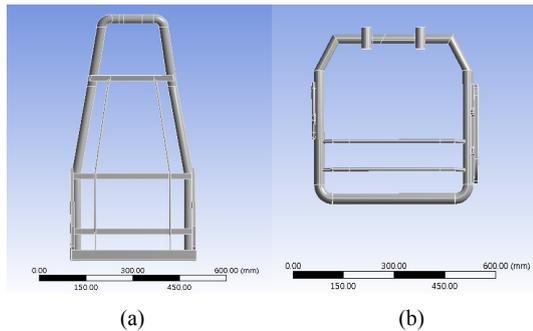
게재확정일 12년 03월 08일

차시트를 임의의 2가지의 모델을 Catia를 통해 설계를 하여 해석 프로그램 중 하나인 Ansys를 이용하여 해석을 하였다[6].

## 2. 연구 모델 및 경계조건

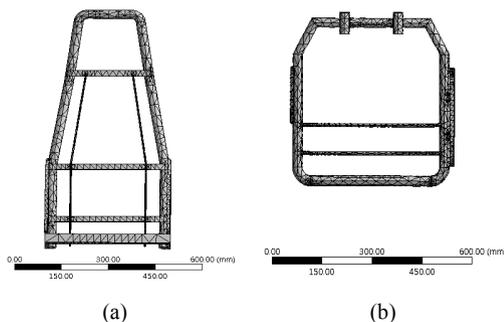
본 연구에서는 치수를 임의로 설정하여 특정의 모델과 최대한 흡사하도록 CATIA를 통해 2개의 모델을 설계하였다. Seat Back Frame 모델구조 (a) 및 (b)는 각각 Fig. 1과 같다.

### 2.1 연구 모델



[그림 1] 해석모델  
[Fig. 1] Analysis Model

Seat Back Frame (a), (b)의 Mesh 작업을 한 모델들의 모습은 Fig. 2와 같다.

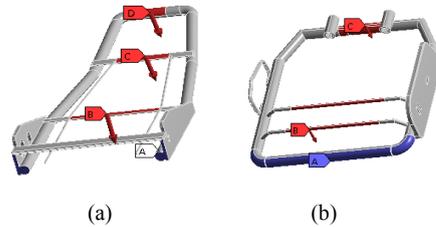


[그림 2] 해석모델의 요소 및 절점  
[Fig. 2] Elements and Nodes of Analysis Model

Fig. 2와 같이 유한요소 모델에서 Mesh는 사면체요소 (Tetrahedrons)로 분할하였으며, Node점과 Element의 수는 각각 Seat Back Frame (a)는 9709개와 13719개로 이루어져 있고 Seat Back Frame (b)는 4566개와 7102개로

이루어져 있다.

### 2.2 구조 해석의 경계 조건



[그림 3] 시트 백 프레임의 경계 조건  
[Fig. 3] Boundary Conditions of Seat Back Frame

Fig. 3을 보면 알 수 있듯이 밑 부분 A를 Fixed Support를 하였고 Seat Back Frame을 Model(a)를 3부분으로 Model(b)를 2부분으로 나누어 Force를 적용하였다. 그리고 하중이 작용하는 부위가 틀리기 때문에 작용하는 하중은 모델 (a)나 모델 (b)가 그 하중의 크기에 있어 다르게 나온다. 따라서 단위면적당 작용하는 하중을 같게 설정한 그 해석 조건을 두 모델 (a)와 (b)에 같이 적용하였다. 또한 각각의 부위에 적용된 수치는 Table 1과 같다. 또한 재료의 물성치는 Structural Steel로 하였다.

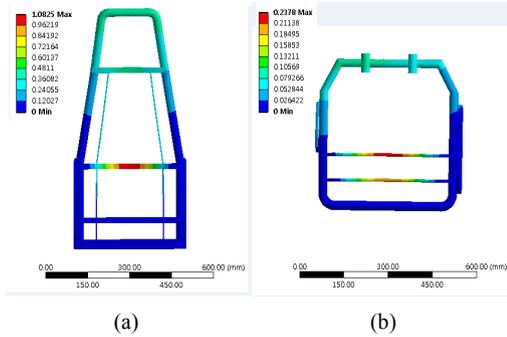
[표 1] 적용 부위별 힘  
[Table 1] Force Applied at Each Part

Analysis Model	Applied Part	Force(N)
(a)	B	200 N
	C	100 N
	D	50 N
(b)	B	200 N
	C	70 N

## 3. 해석 결과

### 3.1 구조해석 결과

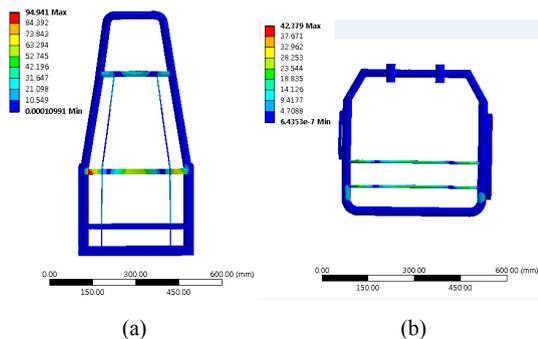
위의 경계 조건을 토대로 Seat Back Frame 모델 (a), (b)를 Total Deformation과 Equivalent Stress를 해석하였다. Seat Back Frame (a), (b) 모델의 Total Deformation의 해석 결과를 나타내는 그림은 Fig. 4와 같다. 각각의 모델 (a), (b)의 전변형량은 모델 (a)는 Maximum 값은 1.0825mm이고 모델 (b)는 0.2378mm라는 결과 값을 얻었다.



[그림 4] 시트 백 프레임의 전변형량  
[Fig. 4] Total Deformation of Seat Back Frame

Seat Back Frame (a), (b) 모델의 Equivalent Stress의 해석 결과를 나타내는 그림은 Fig. 5와 같다.

각각의 모델 (a), (b)의 등가응력 값은 모델 (a)는 Maximum 값이 약 95MPa로 나타났으며, 모델 (b)는 Maximum 값이 약 42MPa로 나타났다.



[그림 5] 시트 백 프레임의 등가 응력  
[Fig. 5] Equivalent Stress of Seat Back Frame

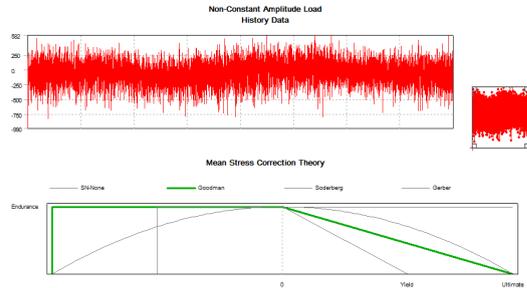
구조해석 결과에서 볼 수 있듯이 모델 (a), (b) 공통적으로 허리부분에 해당되는 부분에 많은 힘이 전달되는 만큼 이 부분에 가장 높은 변형을 보였고, 2개의 모델을 비교 해 보았을 경우 모델(a)가 모델(b)보다 좀 더 많은 구조적 변형을 보였다.

### 3.2 피로해석

경계 조건을 토대로 각각의 Seat Back Frame 모델을 Life 와 Damage를 해석 하였다. 또한 각 모델 당 3가지의 History Data 타입을 설정하고 Goodman선도를 이용하여 해석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

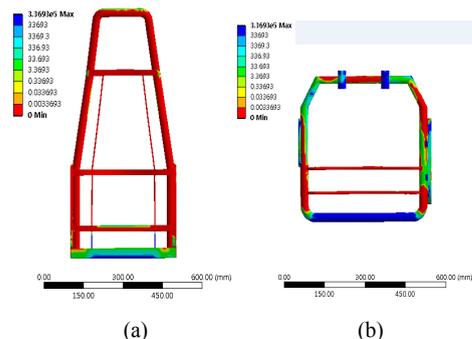
#### 3.2.1 SAE Bracket History Data를 사용한 해석 Seat Back Frame (a), (b)를 Load History Data 타입 중

SAE Bracket History Data와 Goodman의 평균 응력 선도를 이용하여 Fatigue Life와 Damage를 해석하였다. Load History Data 파형과 Goodman선도는 Fig. 6과 같다.



[그림 6] SAE Bracket History의 하중 내역과 평균응력 선도  
[Fig. 6] Load History Data of SAE Bracket History and Mean Stress

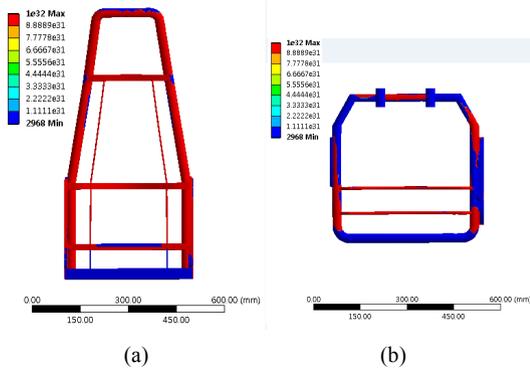
Seat Back Frame (a), (b)를 History Data 타입 중 SAE Bracket History Data와 Goodman선도를 이용한 각각의 피로 수명 결과 그림은 Fig. 7과 같다. Fig. 7에서 볼 수 있듯이 Maximum값 3.3693e5 Cycle을 적용한 결과 모델 (b)가 모델 (a)보다 부분적으로 많은 부위에서 더 많은 피로 수명 결과를 나타내고 있다.



[그림 7] SAE Bracket History 에서의 시트 백 프레임의 피로 수명  
[Fig. 7] Fatigue Life of Seat Back Frame at SAE Bracket History

Seat Back Frame (a), (b)를 Load History Data 타입 중 SAE Bracket History Data와 Goodman의 평균 응력선도를 이용한 각각의 피로 손상 결과 그림은 Fig. 8과 같다.

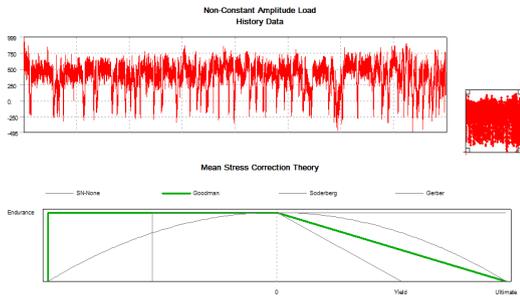
각각의 모델 (a), (b)의 Maximum값 1e32 Cycle을 적용한 결과 모델 (b)가 모델 (a)보다 부분적으로 많은 부위에서 더 적은 피로 손상 결과를 나타내고 있다.



[그림 8] SAE Bracket History 에서의 시트 백 프레임의 피로 손상  
 [Fig. 8] Fatigue Damage of Seat Back Frame at SAE Bracket History

### 3.2.2 SAE Transmission Data를 사용한 해석

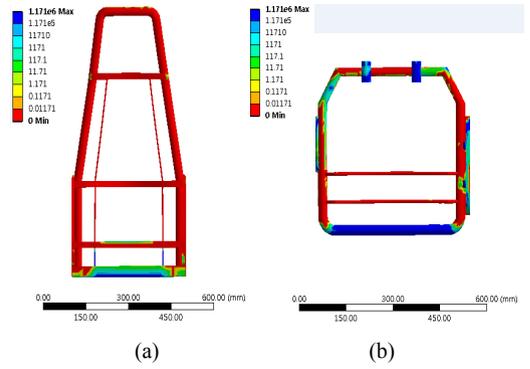
Seat Back Frame (a), (b)를 Load History Data 타입 중 SAE Transmission Data와 Goodman의 평균응력선도를 이용하여 Fatigue Life 와 Damage를 해석하였다. History Data 파형과 Goodman선도는 Fig. 9와 같다.



[그림 9] SAE Transmission data의 하중 내역과 평균응력 선도  
 [Fig. 9] Load History Data of SAE Transmission History and Mean Stress

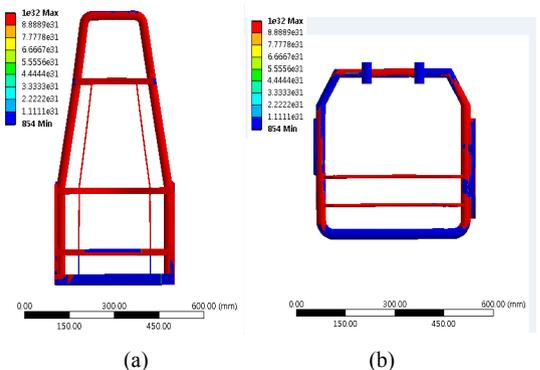
Seat Back Frame (a), (b)를 Load History Data 타입 중 SAE Transmission History Data와 Goodman의 평균 응력 선도를 이용한 각각의 피로 수명 결과 그림은 Fig. 10과 같다.

각각의 모델 (a), (b)의 Maximum값 1.171e6 Cycle을 적용한 결과 모델 (b)가 모델 (a)보다 부분적으로 많은 부위에서 더 많은 피로 수명 결과를 나타내고 있다.



[그림 10] SAE Transmission 에서의 시트 백 프레임의 피로 수명  
 [Fig. 10] Fatigue Life of Seat Back Frame at SAE Transmission History

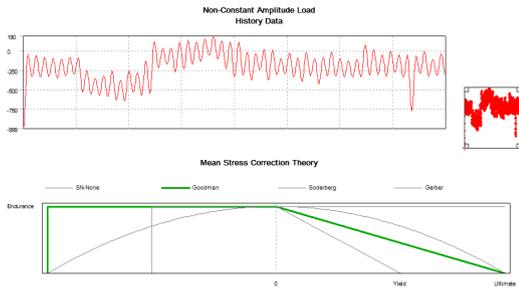
Seat Back Frame (a), (b)를 History Data 타입 중 SAE Transmission Data와 Goodman선도를 이용한 각각의 피로 손상 결과 그림은 Fig. 11과 같다. 각각의 모델 (a), (b)의 Maximum값 1e32 Cycle을 적용한 결과 모델 (b)가 모델 (a)보다 부분적으로 많은 부위에서 더 적은 피로 손상 결과를 나타내고 있다.



[그림 11] SAE Transmission History 에서의 시트 백 프레임의 피로손상  
 [Fig. 11] Fatigue Damage of Seat Back Frame at SAE Transmission History

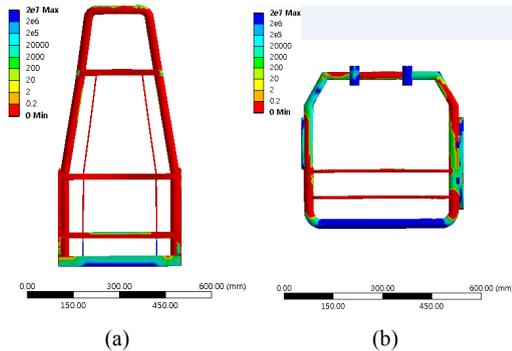
### 3.2.3 Sample History2 Data를 사용한 해석

Seat Back Frame (a), (b)를 Load History Data 타입 중 Sample History2 Data와 Goodman의 평균응력선도를 이용하여 Fatigue Life와 Damage를 해석하였다. Load History Data 파형과 Goodman의 평균 응력선도는 Fig. 12와 같다.



[그림 12] Sample History2의 하중 내역과 평균응력 선도  
[Fig. 12] Load History Data of Sample History2 and Mean Stress

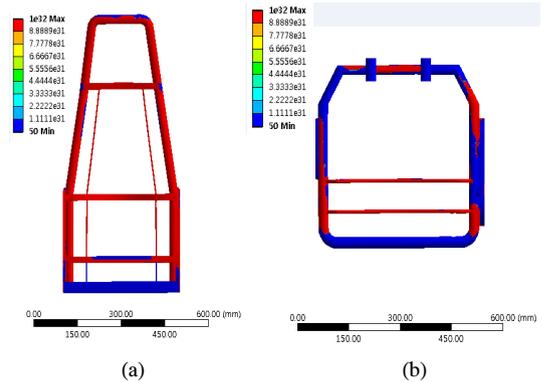
Seat Back Frame (a), (b)를 Load History Data 타입 중 SAE Transmission Data와 Goodman의 평균응력 선도를 이용한 각각의 피로 수명 결과 그림은 Fig. 13과 같다. 각각의 모델 (a), (b)의 Maximum값  $2e7$  Cycle을 적용한 결과 모델 (b)가 모델 (a)보다 부분적으로 많은 부위에서 더 많은 피로 수명 결과를 나타내고 있다.



[그림 13] Sample History2 에서의 시트 백 프레임의 피로 수명  
[Fig. 13] Fatigue Life of Seat Back Frame at Sample History2 History

Seat Back Frame (a), (b)를 Load History Data 타입 중 SAE Transmission Data와 Goodman선도를 이용한 각각의 피로 손상 결과 그림은 Fig. 14와 같다. 각각의 모델 (a), (b)의 Maximum값인  $10^{32}$ 의 피로 Cycle을 적용한 결과 모델 (b)가 모델 (a)보다 부분적으로 많은 부위에서 더 적은 피로 손상 결과를 나타내고 있다. 피로해석 결과에서도 볼 수 있듯이 구조해석과 마찬가지로 2개의 모델 모두 허리부분에서 가장 많은 피로 손상의 가능성이 있었고, 모델 가장 밑 부분에서 가장 적은 피로 손상의 가능성이 있었다. 이 2개의 모델을 비교하였을 경우 모델 (b)가 모델(a)에 비해서 피로 수명부분에서

구조적으로 안정적으로 나왔다.



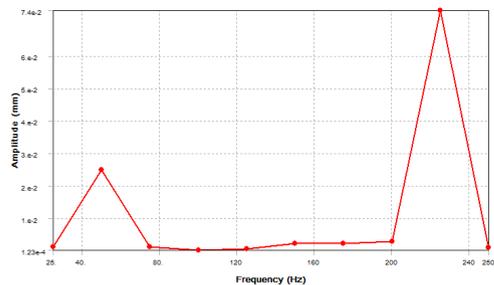
[그림 14] Sample History2 에서의 시트 백 프레임의 피로 손상  
[Fig. 14] Fatigue Damage of Seat Back Frame at Sample History2

### 3.3 진동해석

진동해석 역시 위와 같은 경계조건을 사용하였으며 각각의 Seat Back Frame 모델을 Frequency Response 해석을 하여 고유진동을 유출해 내고 그 고유진동을 Directional Deformation과 Equivalent Stress 해석을 하였다.

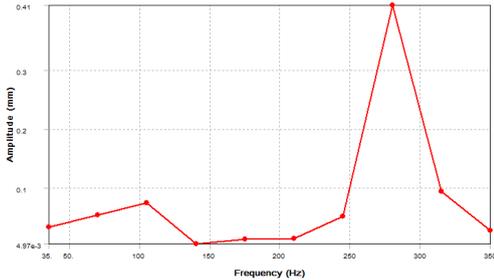
#### 3.3.1 Seat Back Frame 모델의 Frequency Response 해석

각각의 Seat Back Frame 모델을 Frequency Response 해석을 하였다. Seat Back Frame (a)의 고유진동수 해석은 그 Maximum 값을 250Hz를 설정하고 해석을 하였다. 그 결과 그림은 Fig. 15와 같다. Fig. 15에서 볼 수 있듯이 225Hz에서 정점을 향했다. 이와 같이 모델 (a)의 고유진동수는 225Hz임을 알 수 있다.



[그림 15] Seat Back Frame (a)의 Frequency Response 해석  
[Fig. 15] Frequency Response Analysis of Seat Back Frame (a)

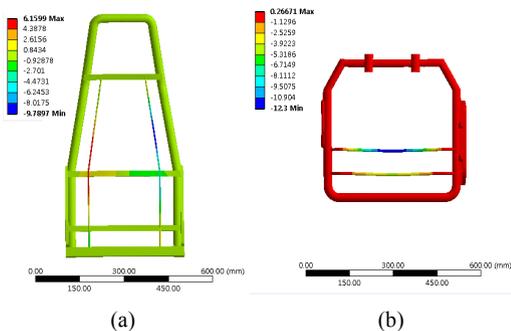
Seat Back Frame (b)의 고유진동수 해석은 Maximum 값은 350Hz를 설정하고 해석을 하였다. 그 결과 그림은 Fig 16과 같다. Fig. 16에서 볼 수 있듯이 280Hz에서 정점을 향했다. 이와 같이 모델 (a)의 고유진동수는 280Hz임을 알 수 있다.



[그림 16] Seat Back Frame (b)의 Frequency Response 해석 [Fig. 16] Frequency Response Analysis of Seat Back Frame (b)

### 3.3.2 Seat Back Frame 모델의 Directional Deformation 해석

Seat Back Frame 모델 (a) 및 (b)에 대한 고유진동수 250 Hz 및 280 Hz에 맞추어 Directional Deformation 해석을 하였다. 그 결과 그림은 Fig. 17과 같다. 각각의 모델 (a), (b)의 Directional Deformation 결과 값은 모델 (a)는 Maximum 값은 6.1636mm이고 모델 (b)는 0.26671mm 라는 결과 값을 얻었다.

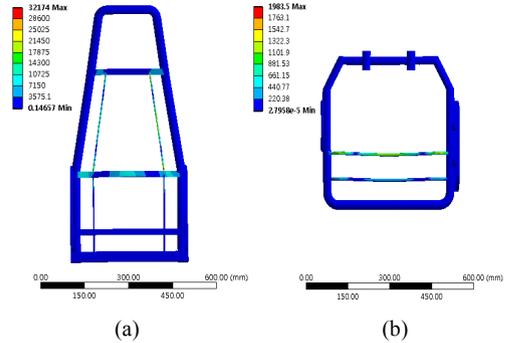


[그림 17] 시트 백 프레임의 Directional Deformation 해석 [Fig. 17] Directional Deformation Analysis of Seat Back Frame

### 3.3.3 Seat Back Frame 모델의 Equivalent Stress 해석

각각의 Seat Back Frame 모델 (a) 및 (b)에 대한 고유진동수 250 Hz 및 280 Hz에 맞추어 Equivalent Stress 해

석을 하였다. 그 결과 그림은 Fig. 18과 같다. 각각의 모델 (a), (b)의 등가응력 결과 값은 모델 (a)는 Maximum 값은 32195MPa이고 모델 (b)는 1983.5MPa라는 결과 값을 얻었다.



[그림 18] 모델 (a)에서의 225 Hz 및 모델 (b)에서의 280 Hz에서의 시트 백 프레임의 Equivalent Stress 해석

[Fig. 18] Equivalent Stress Analysis of Seat Back Frame in case of 225 Hz at model (a) and 280 Hz at model (b)

진동해석 결과 각각의 고유진동수 모델(a)는 225Hz, 모델(b)는 280Hz가 나왔다. 2개의 모델들을 각각의 고유진동수에 맞추어 진동해석을 한 결과, 모델(b)가 모델(a)보다 적은 변화량을 보였다. 또한 모델(a)의 경우 모델에 바깥쪽에서 안쪽으로 변형이 시작되었고, 모델(b)의 경우 안쪽에서 바깥쪽으로 변형이 되었다.

## 3. 결론

본 연구에서는 임의의 자동차 Seat Back Frame을 일반 구조해석, 피로해석, 진동해석을 하였다. 그 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 구조해석 결과 모델 (a), (b) 공통적으로 허리부분에 해당되는 부분에 가장 높은 변형을 보였고, 2개의 모델을 비교 해 보았을 경우 모델(a)가 모델(b)보다 좀 더 많은 구조적 변형을 보였다.
2. 피로해석 결과 구조해석과 마찬가지로 2개의 모델을 비교하였을 경우 모델 (b)가 모델(a)에 비해서 피로 수명부분에서 구조적으로 안정적으로 나왔다.
3. 2개의 모델들을 각각의 고유진동수에 맞게 적용하여 진동해석을 한 결과, 모델(b)가 모델(a)보다 적은 변화량을 보였다. 또한 모델(a)의 경우 모델에 바깥쪽에서 안쪽으로 변형이 시작됐고, 모델(b)의 경우

안쪽에서 바깥쪽으로 변형이 되었다.

4. Seat Back Frame (a), (b)를 위에 3가지 해석, 즉 구조해석, 피로해석, 진동해석을 통해 비교분석 한 결과 3가지 모든 면에서 임의의 모델(b)가 (a)보다 구조적으로 안전하게 나왔다.

### References

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [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.

### 김 성 수(Sung-Soo Kim)

[준회원]



- 2011년 2월 : 공주대학교 자동차 공학과 (공학사)

<관심분야>

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

### 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

### 최 두 석(Doo-Seuk Choi)

[정회원]



- 1981년 2월 : 충남대학교 기계공학과(공학사)
- 1984년 2월 : 충남대학교 기계공학과(공학석사)
- 1996년 8월 : 충남대학교 기계공학과(공학박사)
- 2010. 1월 ~ 현재 : 한국자동차 공학회 대전충청지부 지부장
- 2010. 2월 ~ 현재 : 공주대학교 그린카기술연구소 소장
- 2006. 6월 ~ 2008. 6월 : 공주대학교 산학협력단장
- 1994 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계자동차공학부 교수

<관심분야>

자동차 배기계 및 대체 연료, 미래형 자동차

**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

**국 정 한**(Jeong-Han Kook)

[정회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1988년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1992년 1월 ~ 현재 : 한국기술대학교 기계공학부 교수

<관심분야>

용접공학, 파괴역학, 재료강도 등

**오 범 석**(Bum-Suk Oh)

[정회원]



- 1980년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학사)
- 1982년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학석사)
- 1987년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (공학박사)
- 1989년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 기계·자동차공학부 교수

<관심분야>

기계 및 자동차 부품의 강도평가 및 파손해석

**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