

# 미소 감쇠력을 고려한 서스펜션 시트의 진동 특성 예측 vibration characteristic estimate of the suspension seat which considered a very small damping force

\*이원창<sup>1</sup>, 정훈형<sup>2</sup>, 김재실<sup>3</sup>

\*#W. C. Lee(rainman@changwon.ac.kr)<sup>1</sup>, H. H. Jeong<sup>2</sup>, C. S. Kim<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 창원대학교 메카트로닉스공학부, <sup>2</sup> 창원대학교 기계공학과 대학원, <sup>3</sup> 창원대학교 기계공학과

Key words : Vibration characteristic, Suspension seat, damping force, Vibration test

## 1. 서론

각종 중장비에 사용되는 서스펜션 시트는 작업중 발생하는 진동이나 충격을 효과적으로 흡수하여 인체 진동 피폭에 대한 위험으로부터 운전자의 건강과 안전을 확보하는데 반드시 필요한 기구이다<sup>1</sup>. 이러한 서스펜션 시트에 대한 연구는 오로지 실험에 의해서만 이루어졌었지만<sup>2</sup> 최근에 들어서 다물체 동역학 시뮬레이션 기법을 도입하는 시도가 이루어지고 있다<sup>3</sup>. 하지만 수치 해석적 기법을 위한 모델 구성을 하는데 있어 많은 부분이 간략하게 생략되어 시뮬레이션 결과에 대한 사실성에 대해서는 지금도 많은 문제가 제기되고 있다<sup>4</sup>.

본 연구에서는 기존에 연구되고 있는 다물체 동역학 시뮬레이션 모델의 해석 결과를 보다 사실적으로 구현하기 위하여 수치 해석의 편의를 위해 생략되는 부분의 미소한 감쇠력을 다물체 동역학 해석 모델에 추가하여 시뮬레이션을 실시하고 미소 감쇠력이 고려되지 않은 해석 모델의 해석 결과와 비교 검토하여 본 연구에서 제안하는 진동 예측 기법의 타당함을 보이고자 한다. 이를 위하여 먼저 현재 연구되고 있는 다물체 동역학 모델에서 생략된 서스펜션 시스템의 상부 구조에 대한 감쇠계를 구성한다. 두 번째로 구성된 감쇠계의 매개변수를 서스펜션 시스템의 하부 감쇠계를 기준으로 보다 작게, 같게, 크게 세 가지 경우에 대해 설정한다. 마지막으로 해석 모델에 세부적인 구속조건을 적용하고 진동 실험을 위한 주기 함수(Sine sweep test)를 하중조건으로 하여 시뮬레이션을 실시한다. 해석된 결과는 미소 감쇠력을 고려하지 않은 해석 모델의 결과와 비교하여 제안된 모델의 타당성을 검토한다.

## 2. 다물체 동역학 해석 모델 구성

서스펜션 시트의 진동 감쇠 기구부는 수직 방향의 운동을 구현하기 위한 X형 링크기구와 진동 감쇠를 위한 감쇠기와 스프링으로 이루어진 서스펜션 시스템으로 구성되어 있다. Fig. 1은 기존에 사용되고 있는 다물체 동역학 해석을 위한 3차원 해석 모델을 나타내고 있다<sup>3</sup>.

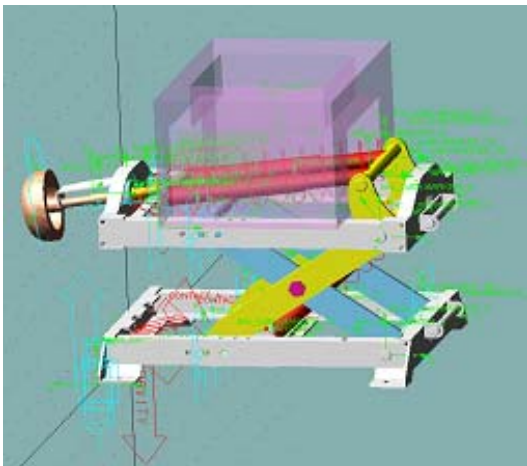


Fig. 1 Dynamic analysis model of the suspension seat using ADAMS

기존 모델의 서스펜션 시스템의 상부에 미소 감쇠력을 고려하기 위한 두 번째 진동계를 구축하고 하부 슬라이딩 기구부에는 조인트를 설치하지 않고 마찰을 고려하기 위하여 프레임부와 X형 링크부 사이에 접촉 구속 조건을 적용하였다. Fig. 2는 프레임과 X링크의 슬라이딩 운동을 각 링크들의 접촉 조건을 이용하여 구속한 것을 보여주고 있다.

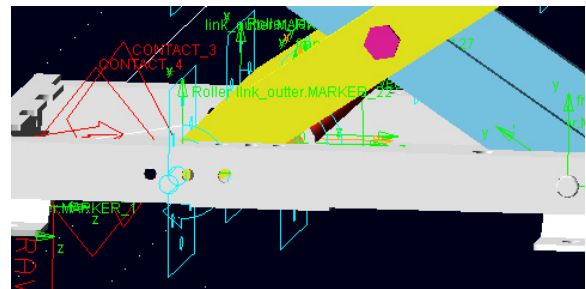


Fig. 2 Constraint of linkages to describe sliding motion

시트의 상부에 적용된 하중은 중력조건하에서 -Y축 방향으로 중력가속도를 이용하여 구현하였다. Fig. 3은 수정된 다물체 동역학 시뮬레이션 모델을 나타내고 있다.

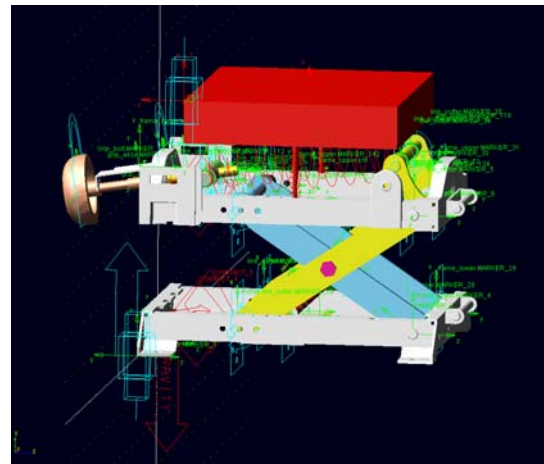


Fig. 3 Modified dynamic analysis model of suspension seat

가진 조건은 진동 시험에서 이용되는 진폭  $\pm 150\text{mm}$ 에 최대 주파수 2Hz의 Sine sweep을 적용하였다. 서스펜션 시트 모델의 진동 특성 분석하기 위해 시트를 가진하는 프레임 부분과 상부의 질량 부가 지점 두 곳에서 가속도를 측정하였다. 해석 모델에 적용된 물성들을 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Spring and damping coefficients

Input	z mm	Mass g	pring o. m	Damping o. -s m
sine sweep 2Hz / $\pm 150$		50	50000	3000

### 3. 결과 및 논의

Fig. 4와 Fig. 5는 기존 모델과 본 연구에서 제안하는 수정된 해석 모델을 이용하여 sine sweep vibration test를 시뮬레이션한 결과를 나타내고 있다.

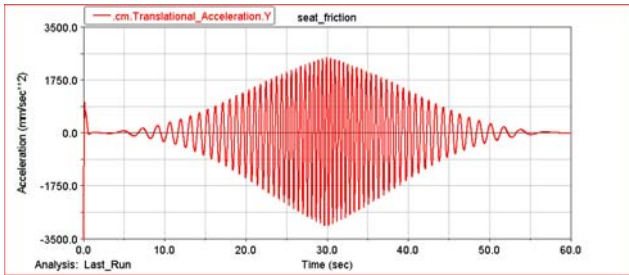


Fig. 4 Results of sine sweep vibration simulation using non-modified dynamic analysis model of suspension seat

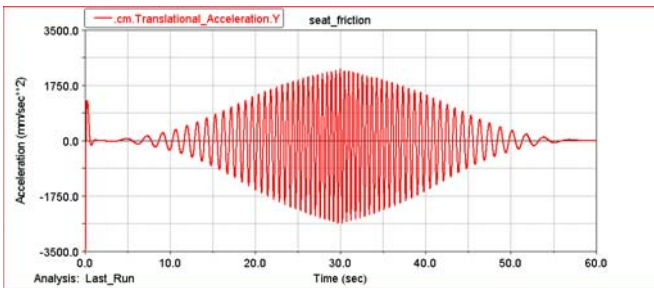


Fig. 5 Results of sine sweep vibration simulation using modified dynamic analysis model of suspension seat

Fig. 4와 Fig. 5의 결과 그래프는 전형적인 sine sweep vibration test의 결과 양상을 보여 주고 있다. 하지만 두 결과를 비교해 보면 가진 진동수 2Hz부근에서 기존 모델과 수정된 모델은 조금 다른 결과를 보여주고 있다. 해석 결과를 g값으로 바꾸어보면 기존 모델은 Fig. 4를 보면 0.2542g를 나타내는 반면 수정된 모델은 Fig. 5와 같이 0.2306g를 나타내고 있다. 두 모델의 프레임부의 가속도는 0.2365g 임을 감안하면 기존 모델은 서스펜션 시스템 하부의 입력 진동 가속도와 서스펜션 시스템 상부의 진동 가속도 비가 1이상을 나타내고 있는 반면 수정된 해석 모델은 1이하의 진동 가속도비를 나타내고 있다. Fig. 6은 시뮬레이션과 같은 방법으로 실시한 진동 시험 결과를 나타내고 있다<sup>3</sup>.

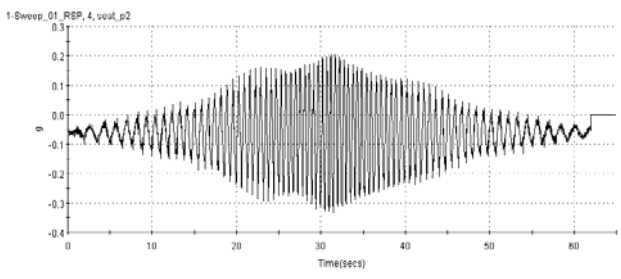


Fig. 6 Result of sine sweep test

실제 시험 결과와 비교해 보면 진동 가속도비가 2Hz에서 1이하임을 알 수 있다. 이와같은 시트의 진동 시험에서는 프레임부와 서스펜션 상부와의 가속도비가 중요한 의미를 가진다.

### 4. 결론

서스펜션 시스템이 장착된 시트의 진동 입력값에 대한 동적인 진동 특성을 예측하기 위하여 다물체 동역학 해석 모델을 구성하

는데 있어 각 링크부의 아주 작은 감쇠력을 고려하여 해석 모델을 구성하고 시뮬레이션을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 미소 감쇠력을 도입하지 않은 동역학 해석 모델과 미소 감쇠력을 도입한 해석 모델을 2Hz의 sine sweep 진동 가진 조건에서 해석한 결과 같은 프레임의 진동 가속도 0.2365g에 대하여 기존 모델은 0.2542g, 수정된 모델은 0.2306g를 나타내었다. 가속도비는 기존 모델은 1.074를 수정된 모델은 0.975를 나타내었다. 두 모델의 검증에 위하여 시제를 이용한 서스펜션 시트의 시험 결과 프레임의 진동 가속도 0.31g에 대해 최대 0.27g를 나타내었으며 이때 시트의 가속도비는 0.871을 나타내었다. 따라서 미소 감쇠력을 고려한 수정된 모델이 보다 사실적인 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 이상에서 다물체 동역학 기법을 도입한 서스펜션 시트의 진동 특성 예측을 위해서는 링크의 각 부분에서 발생하는 미소 감쇠력을 고려한 기법이 더욱 사실적인 진동 특성 결과를 나타낸다는 것을 기존 모델의 해석 결과 및 진동 시험 결과를 통하여 검증하였다.

### 후기

이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 「2단계 BK21사업」의 지원비를 받았다.

### 참고문헌

1. Kerry Gardiner, J. Malcolm Harrington, "Occupational Hygiene," Blackweell Publishing, 264-267, 2005.
2. Tusty, J., Smith, S. and Zamudia, C., "Operation Planning Based on Cutting Process Model," Annals of the CIRP, 39, 517-521, 1990.
3. 이원창, 정훈형, 김수연, 김재실, "다물체 동역학 기법을 이용한 중장비 시트의 진동 특성에 관한 연구," 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 117-118, 2007.
4. 김형근, 송세철, 권순기, "시트 현가계 설계를 위한 시트-인체계의 진동해석," 한국소음진동공학회지 제5권 제1호, 67-73, 1995.