

다물체 동역학 기법을 이용한 중장비 시트의 진동 특성에 관한 연구

A study of Vibration characteristic of the Heavy Machinery Seat using Multibody Dynamic Analysis Method

*#이원창¹, 정훈형², 김수연³, 김재실⁴

*#W. C. Lee(rainman@sccr.changwon.ac.kr)¹, H. H. Jeong², S. Y. Kim³, C. S. Kim⁴

¹ 창원대학교 메카트로닉스공학부, ² 창원대학교 기계공학과, ³ 창원대학교 산학협력단 진동내구성센터, ⁴ 창원대학교 기계공학과

Key words : Multi-body dynamic analysis, 2002/44/EC, Whole body vibration, Suspension seat, Vibration actuator, Excavator, Heavy machinery

1. 서론

필드에서 작업을 하는 중장비는 작업중 발생하는 진동이나 충격을 차체에서 흡수할 수 있는 장치가 존재하지 않는다. 따라서, 장비의 엔진 및 차체에서 발생하는 진동 및 충격의 90% 이상이 장비 운전자에게 여과없이 전달된다. 이러한 진동 및 충격을 완화하기 위해서 운전석의 시트에 각종 충격 및 진동 완화 기구를 설계하고 진동 감소 장치를 부가하고 있다. 설계된 시트의 진동 감소 능력은 다양한 규격에서 명시하고 있는 방법으로 단축이나 3축 이상의 진동 시험기를 이용한 진동 시험을 통하여 인체 피폭 진동 가속도에 대한 성능을 시험하고 있다. 이와 같은 방법은 시험을 위한 시제 제작에서 시험 결과를 얻기까지 막대한 비용과 시간을 필요로 한다.

본 연구에서는 이와 같은 일련의 과정을 다물체 동역학 기법을 도입한 시뮬레이션을 통하여 진동 시험 결과를 대체할 수 있는 사실적인 진동 특성을 예측하는 방법을 제안한다. 이를 위해서 첫째 진동 감쇠 기구부를 다물체 동역학 해석이 가능한 유연한 모델을 구성한다. 두 번째로 구성된 동역학 해석 모델을 이용하여 실제 시험 조건을 재현할 수 있는 Loading condition 및 자유도 구속 조건과 기구 움직임에 대한 세부적인 구속을 정의하고 적용한다. 마지막으로 완성된 동역학 해석 모델을 이용하여 다양한 조건에서 해석을 통한 시뮬레이션을 실시하여 Whole body vibration 결과를 예측한다. 다양한 해석 조건에서 사실적인 진동 특성을 예측한 결과에 대한 신뢰성 및 구성된 다물체 동역학 모델의 사실 재현성을 검증하기 위하여 시험이 가능한 시트 시편을 제작하여 ISO 및 EC의 관련 진동 시험 규격으로 진동 시험을 실시한다. 시험을 통한 시험 결과와 시뮬레이션 결과의 비교 검토를 통하여 본 연구에서 제안하는 다물체 동역학 기법을 통한 중장비용 시트의 진동 특성 예측 기법의 타당함을 보이고자 한다.

2. 해석 모델 구성 및 진동 시뮬레이션

중장비용 시트의 진동 감쇠 기구부의 주요 장치는 수직방향의 운동을 구현하기 위한 링크기구와 진동절연에 가장 큰 영향을 미치는 감쇠기 및 스프링으로 구성되어있으며 체중조절 손잡이를 사용하여 스프링의 초기 인장력을 조절하게 된다. Fig. 1은 서스펜션이 부가된 시트의 작동 기구부를 나타내고 있다.

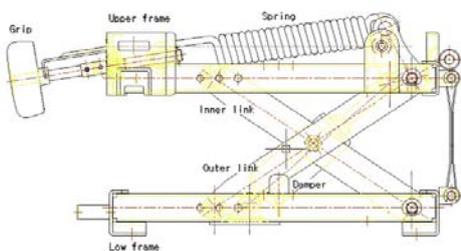


Fig. 1 Drawing of the suspension seat

서스펜션 시트의 진동 특성을 분석하기 위하여 다물체 동역학 해석 모델을 구성하였다. Fig. 2는 동역학 해석 모델을 구성한 후 Loading condition 및 자유도 구속 조건과 기구 움직임에 대한 세부적인 구속을 적용한 모델이다. 하중은 중력조건하에 -y축 방향이며 조절이 가능하다. 각 부분의 구속은 Revolute joint와 Translational joint 및 Fixed joint로 구성하였다. 동적 진동 특성을 분석하기 위한 해석은 다물체 동역학 상용 소프트웨어인 ADAMS를 이용하였다.

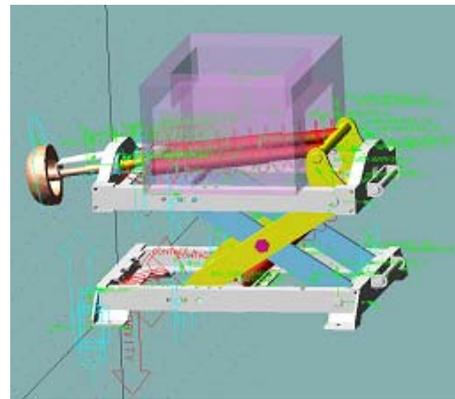


Fig. 2 Dynamic analysis model of the suspension seat using ADAMS

진동 특성을 예측하기 위해 두 부분에서 가속도를 측정하였다. 하나는 시트에 하중을 올렸을 때 하중의 중심점과 또 다른 하나는 시트 기구부의 입력이 들어가는 하부 프레임에 설정하였다. 진동 특성을 예측을 위한 가진 입력은 ISO관련 시험 규격을 참조하여 Sine wave와 Sine sweep 시험 규격을 적용하였다. 특히, 각 입력 형태는 다시 진폭과 주파수를 달리하는 두 가지 형태로 적용하였다. Sine wave의 경우 1Hz와 4Hz에 대해 시뮬레이션을 실시하였다. Sine sweep의 경우는 1 ~ 6 Hz 사이에서 시뮬레이션을 실시하였다.

Fig. 3은 1Hz에서 Fig. 4는 4Hz에서 시트 하중부분의 측정 포인트에서 측정된 가속도폭을 그래프로 나타낸 것이다. 4Hz에서 가속도가 약 6배 크게 나타남을 알 수 있다.

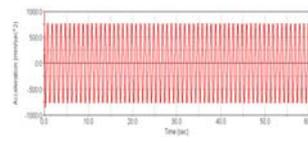


Fig. 3 Result of input frequency 1Hz

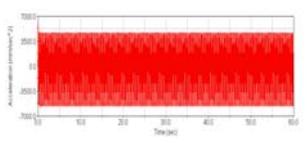


Fig. 4 Result of input frequency 4Hz

Fig. 5은 Sine sweep 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. Fig. 5을 보면 가진 주파수에 따라 응답 가속도 또한 연동하여 움직이고 있음을 알 수 있다.

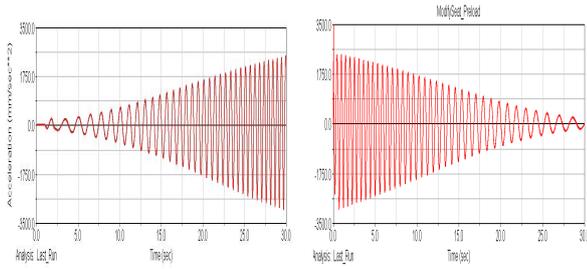


Fig. 5 Results of sine sweep simulation using ADAMS

실제 진동 시험에서 Sine wave를 입력으로 하였을 경우 시트 무게 중심점과 시트 바닥 프레임부분의 가속도비가 중요한 결과 값을 나타내며 통상 공진 영역 이상에서 비가 적을수록 진동 감쇠가 우수하다고 판단한다. 동역학 시뮬레이션을 통하여 얻어진 시트의 하중 중심점에서 측정된 가속도 RMS값과 시트 하부 프레임의 입력부분에서 얻어진 가속도 RMS값으로 나누었을 때 1Hz에서 두 가속도 RMS값의 비가 1.03995이며 4Hz에서 0.58464이었다.

3. 진동 시험을 위한 시편 제작 및 진동 시험

다물체 동역학 모델의 시뮬레이션을 통해 얻은 결과에 대한 신뢰성과 현재 해석을 위해 구성된 다물체 동역학 모델의 사실 재현성을 검증하기 위하여 진동 시험이 가능한 서스펜션 시트를 제작하여 ISO 진동 시험 규격에 따라 진동 시험을 실시하였다. 시편은 시뮬레이션에서 모델링한 것과 같은 형태로 제작하였으며 Fig. 6이 시험에 사용한 서스펜션 시트의 기구부 시편을 나타내었다.

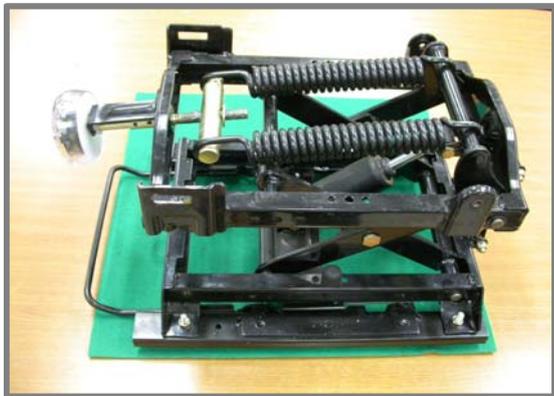


Fig. 6 Prototype model for vibration test

시험은 시뮬레이션 입력조건과 최대한 유사한 형태의 입력 조건에서 ISO 및 EC의 관련 진동 시험 규격으로 수직축에 대한 1 channel 시험을 실시하였다.

Fig. 7과 Fig. 8은 각 각 1Hz와 4Hz에서의 Sine wave 시험 결과를 나타내고 있으며 Fig. 9는 Sine sweep 시험 결과를 나타내고 있다.

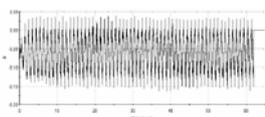


Fig. 7 Result of input frequency 1Hz

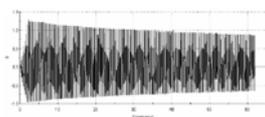


Fig. 8 Result of input frequency 4Hz

Sine wave의 시험 결과를 시뮬레이션 결과와 비교하면 Fig.

9와 같이 유사한 응답 양상을 나타낸다. 두 측정 지점의 가속도 RMS비는 1Hz에서 1.2247로 4Hz에서는 0.5489로 나타났다.

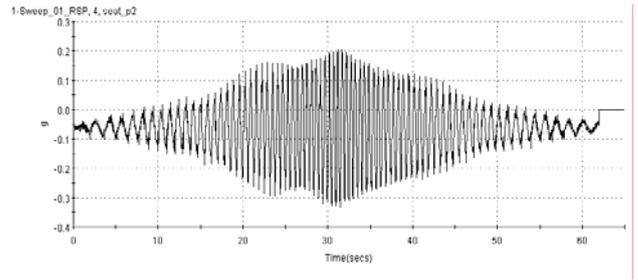


Fig. 9 Result of sine sweep test

4. 결론

다물체 동역학 해석기법을 도입하여 시뮬레이션 기법을 통해 서스펜션 시트의 진동 특성을 분석하고 이의 검증을 위해 시편을 제작하여 시험을 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

Sine wave에 대한 시뮬레이션 결과는 1Hz에서 두 가속도 RMS 비가 1.03995, 4Hz에서 0.58464 였다. 시편을 이용한 진동 시험 결과는 1Hz에서 1.2247이고 4Hz에서는 0.5489로 나타났다. 결과에서 공진점 이상에서 시뮬레이션 결과는 시험 결과와 약 6%의 오차 범위로 비교적 우수한 결과를 나타내었으며 동적 거동 양상은 시험 결과와 유사함을 알 수 있다.

다물체 동역학 기법을 도입한 시뮬레이션을 통하여 서스펜션 시트의 진동 특성 예측이 가능함을 알 수 있었으며 진동 시험을 통하여 검증하였다.

후기

본 연구는 산업자원부[RTI04-01-03] 및 2단계 BK21 사업지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kerry Gardiner, J. Malcolm Harrington, "Occupational Hygiene," Blackweell Publishing, 250-267.
2. Singiresu S. Rao, "Mechanical Vibrations," Pearson Education International, Fourth Edition.
3. 나재봉, 이원창, 정훈형, 김재실, 김성원, 김광영, "다물체 동역학 기법을 이용한 초고속 유연회전체 제어," 한국정밀공학회지 추계논문집, 265-266, 2006.
4. 김형근, 송세철, 권순기, "시트 현가계 설계를 위한 시트-인체계의 진동해석," 한국소음진동공학회지 제5권 제1호, 67-73, 1995.