

충격저감용 마운트를 적용한 구조물의 충격응답 해석 Shock response analysis of a structure applying shock isolating mounts

박경훈*·서영수†

Kyunghoon Park and Youngsoo Seo

1. 서 론

충격은 일반적인 환경에서 흔히 발생하는 현상은 아니지만 한 번 발생하면 구조물이나 장비 등에 치명적인 손상을 일으키므로, 외부 충격하중으로부터 보호하고자하는 구조물의 구조적, 기능적 안전성을 확보하기 위해서 충격저감장치를 적용하여 구조물로 전달되는 충격응답을 최소화시키고자 한다.

구조물의 충격응답 수준을 감소시키기 위해 적용될 수 있는 충격저감용 마운트가 적절하게 선정되어 충격에 효과적인지 검증하기 위해서는 실험적 방법과 해석적 방법이 사용될 수 있다.

실험적 방법은 충격저감용 마운트가 사용된 실제 모델 또는 축소 모델에 대하여 충격입력을 가하여 모델의 거동 및 마운트의 특성을 파악하는 것이고, 해석적 방법은 전산 모델과 입력충격하중을 공학적으로 모델링하여 수치적으로 계산하는 방법으로 계산 속도의 향상 및 물리적 현상에 대한 정확도의 증가 등의 이유로 사용이 확대되어 가고 있다.

본 논문에서는 WRI(Wire Rope Isolator) 마운트가 적용된 구조물의 유한요소해석 모델에 대한 충격해석을 수행하고 WRI 탄성마운트의 충격저감 성능과 구조물의 충격응답 특성을 분석하였다. 충격해석의 정확도를 증가시키기 위해 WRI 마운트에 대한 특성시험을 통해 얻어진 비선형 탄성마운트의 정적 강성계수와 손실계수 측정값을 상용 유한요소해석 코드에 입력값으로 사용하였다.

2. 본 론

2.1 WRI 마운트 적용 구조물의 유한요소모델

* 국방과학연구소

† 교신저자; 국방과학연구소

E-mail : sys@add.re.kr

Tel : (055) 540-6343 Fax : (055) 542-3737

(1) WRI 마운트 특성

본 해석 모델에 사용된 WRI 마운트는 ENIDINE사의 모델 SPWR 12-806-06이다. 탄성마운트의 힘 대 변위의 관계를 파악하기 위하여 정적하중에 대한 탄성마운트의 3방향에 대한 변위를 측정(그림 1)한 후, 힘-변위 곡선의 평균값을 비선형 충격해석에 사용하였다.

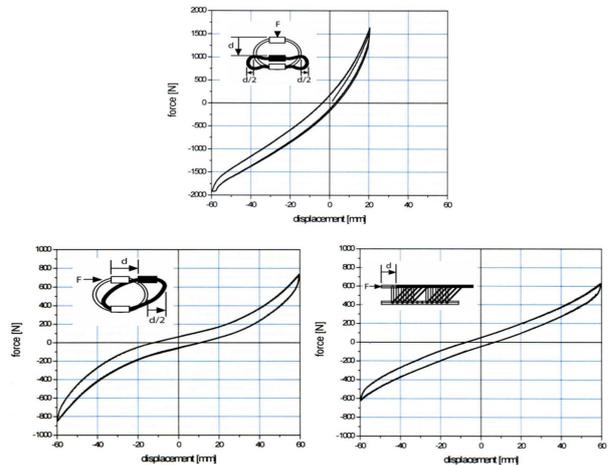


그림 1. WRI 마운트의 힘-변위 곡선

WRI 탄성마운트의 감쇠특성을 추정하기 위하여 탄성마운트에 대한 동적특성시험 결과, 본 해석모델의 고유진동수에서의 손실계수는 약 1.0으로 측정되었다. 손실계수와 감쇠계수의 관계를 이용하여 약 50%의 감쇠계수를 충격해석에 입력하였다.

(2) 유한요소 해석모델

그림 2와 같이 실린더부, 하부지지구조 및 WRI 마운트로 구성된 해석 구조물에 대하여 상용 유한요소해석 코드인 NASTRAN(ver. 2007 r1)을 이용하여 비선형 충격해석을 수행하였다. Steel 실린더부와 aluminum 하부지지구조 사이에 30° 간격으로 12개가 배치된 WRI 마운트는 PBUSH 요소를 이용하였으며, 입력값으로 상기 언급한 마운트 특성 시험을 통해 얻어진 힘-변위 곡선과 감쇠계수를 사용하였다.

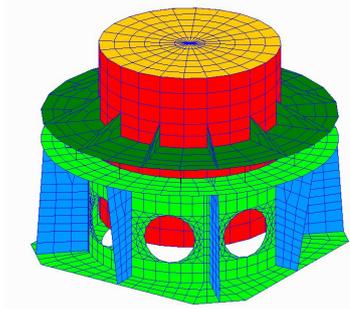


그림 2. 유한요소 해석모델

2.2 충격해석 및 시험

(1) 입력 충격하중

충격시험을 위해서 해석 모델과 동일한 충격시험 모델을 제작한 후 한국기계연구원의 LDS사의 V9-440 충격시험기를 이용하여 10g20ms의 반정현파를 부과하려고 하였으나 시험기의 특성상 그림 3의 가속도 충격하중이 시험 모델의 바닥면에 수직방향으로 부과되었다.

그림 3의 가속도 입력 충격하중을 해석모델의 하부지지구조 바닥면에 수직방향으로 부과하고 충격해석을 수행하였다.

비선형 과도응답 해석에서는 하부지지구조 바닥면에 상기 가속도 입력을 직접 부과할 수 없어 하부에 모델 중량의 10^6 배인 large mass에 힘을 가하는 형태로 하부지지구조 바닥면의 응답이 그림 3과 같은 가속도 응답이 되도록 하였다.

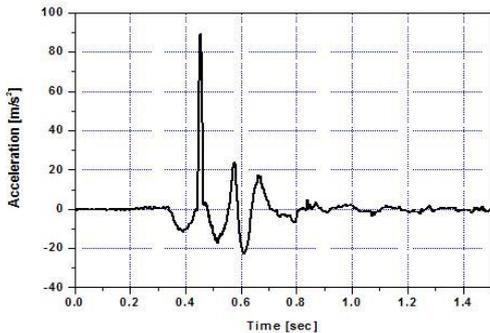


그림 3. 가속도 입력 충격하중(10g20ms)

(2) 실린더부의 충격응답

동일한 충격입력 하중에 대한 실린더 상부의 수직방향 가속도를 그림 4에서 비교하였다. 그림에서 살펴보면 10g20ms 충격에 대하여 약 0.5초 부근에서 실린더부의 충격응답 시험 및 해석을 수행한 결과 가속도 수준은 동일하였으며, 가속도 peak의 시간의 차이는 시험모델과 해석모델

의 비선형 강성의 차이에서 기인하는 것으로 판단된다.

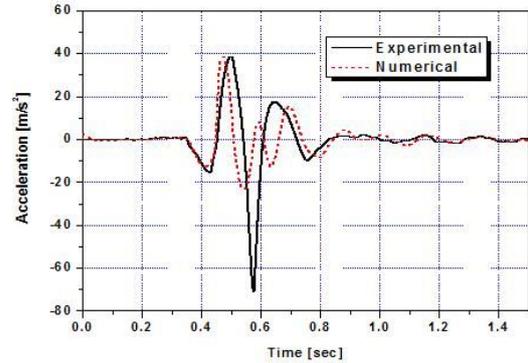


그림 4. 실린더 상부의 수직방향 가속도(10g20ms)

충격이 지나간 후의 거동은 시스템의 고유진동에 의해 나타나는 현상이다. 그러나 그림 4에서 충격이 지나간 후 발생하는 가속도의 응답이 시험과 해석에서 차이가 발생하고 있다. 이는 충격 입력 순간에는 WRI 마운트에 압축력이 작용하고, 충격 후 마운트에 인장력이 작용하는데 WRI 마운트의 경우 압축 허용변위 60mm에 비해 인장 허용변위는 20mm로 작다. 충격 시 탄성마운트는 허용 변위의 50~60%정도의 변위를 발생시키는 반면, 충격 후 인장되는 탄성마운트는 허용 변위에 근접함에 따라서 강성이 급격하게 증가하여 가속도가 급격히 증가하는 것으로 판단된다. 이는 곧 WRI의 힘-변위 곡선에서 얻어진 탄성계수가 마운트가 압축력을 받을 때는 적절한 수준이지만, 인장력을 받을 경우 해석에 사용된 정적 탄성계수보다 실제로는 큰 탄성계수가 입력되어야 함을 의미한다.

일반적으로 충격마운트의 경우 대부분 압축에 대한 효과가 뛰어나고 인장에 대한 충격저감 효과가 작다. 따라서 WRI 마운트를 사용하여 충격저감을 할 경우 압축뿐만 아니라 인장에 대한 허용 변위를 잘 확인하여 마운트의 선정 및 설계를 수행할 필요가 있다.

3. 결 론

WRI 마운트를 적용한 유한요소모델에 대한 충격해석을 수행하고, 동일한 시험모델에서 얻어진 충격시험 결과와 비교한 결과 충격 시 가속도 응답이 유사한 결과를 보임을 확인하였다. 그리고 WRI 마운트는 비선형 강성 특성과 감쇠를 가지고 있는 탄성마운트로서 압축에 대해서 softening stiffness의 특성을 가지고 있어 큰 충격에 대하여 충격저감효과가 크게 나타나지만, 인장에 있어서는 강성을 증가시키므로 인장에 의한 탄성마운트의 변위가 증가하게 되면 충격에 약한 특성을 보이므로 이를 고려한 설계가 필요하다.