한국소음진동공학회 2012년 추계학술대회논문집, pp. 828~829

유한요소해석 및 반응표면법을 이용한 디퍼런셜 마운트의 고무 형상 최적화

Rubber Shape Optimization of Differential Mount Using FEM and RSM

김 진 수* · 윤 지 현* · 정 운 창* · 이 정 윤* · 오 재 웅†
Jin-Su Kim, Ji-Hyun Yoon, Un-Chang Jeong, Jeong-Yoon Lee and Jae-Eung Oh

1. 서 론

최근 차량의 지능화와 상품성 향상을 목적으로 차량을 능동적으로 제어하여 승차감과 조종성능을 동시에 향상시키려는 기술은 차량 개발의 가장 중요한 방향으로 대두되어왔다. 또한 승차감과 조종성능을 동시에 향상시키는 기술을 실현하기 위해 최근 서스페션 링크에 사용하는 고무재료를 가변 제어 가능토록 하는 연구가 활성화되는 추세이다.

고무의 강성을 가변시키는 재료 중에 대표적으로 MRE 가 있으나 MRE 의 초기 강성이 기존 디퍼런셜 마운트에 비해 2 배 가량 높기 때문에 차량 디퍼런셜 마운트에 적용하기에는 한계가 있다. 따라서 MRE 적용 가변형 디퍼런셜 마운트를 연구하기 위해선 우선적으로 정강성을 기존 디퍼런셜 마운트에 맞추기 위한 고무의 형상 최적화 과정이 필요하다.

실험적 방법을 이용한 최적화는 각 실험조건의 제품을 제작해야 하므로 시간과 비용이 많이 소요되지만 유한요소해석은 제품 최적화의 시간과 비용을 절약할 수 있다.

따라서 이번 연구에서는 디퍼런셜 마운트를 최대한 단순화 하여 CATIA 를 이용해 모델링하였고, 최적화에 대한 연구를 수행하기 위해 디퍼런셜 마운트의 실험결과와 강성 값을 비교함으로써 유한요소해석 모델에 대한 신뢰성 확보를 하였다. 그다음 교호작용을 고려할 수 있고, 회귀식을 통해 최적값을 도출할 수 있는 반응표면법을 이용한 고무의 형상 최적화를 하였다.

† 교신저자: 한양대학교 기계공학부
E-mail : jeoh@hanyang.ac.kr
Tel : (02) 2220-0452 , Fax : (02) 2299-3153
* 한양대학교 기계공학과
** 경기대학교 기계공학과

2. 정적 하중 조건에서의 유한요소해석에 대한 신뢰성 검증

2.1 CAD를 이용한 디퍼런셜 마운트의 기계적 형상 모델링

유한요소해석을 위해서는 신뢰성있는 해석 모델이 필요하다. 디퍼런셜 마운트의 강성은 고무의 강성에 의해 결정되므로 Fig 1에서와 같이 고무(E)와 고무를 지지하는 (C)와 외부링 (B)을 제외한 부분은 최대한 단순화 하였다.

2.2 디퍼런셜 마운트의 정강성에 대한 유한요소해석

(1) MRE 적용 디퍼런셜 마운트의 실험 결과

MRE 적용 가변형 디퍼런셜 마운트의 정적하중 실험결과, 강성 값은 $k = 93.43 kgf / mm$ 이었다.

2.1에서 모델링한 형상의 강성 값이 실험 값과 같음을 확임함으로써 유한요소해석 모델에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다.

Fig. 1 Modeling of Diff. Mount

Table 1 Property of Diff. Mount modeling

	밀도 [kg/m³]	탄성계수 [GPa]		푸아송비
Aluminum	9800	80		0.33
Steel	7800	200		0.25
		Mooney-Rivlin 상수		
		c10	c01	d00
Rubber	910	1.2887	-0.6419	0

(2) 유한요소해석을 통한 디퍼런셜 마운트의 정적 해석

유한요소해석을 위한 상용 프로그램은 많이 나와있으나 디퍼런셜 마운트에는 고무가 들어가므로 비선형 해석에 뛰어난 Abaqus 프로그램을 사용하였다. Table 1은 해석에 사용한 물성 값이다.

실험 상황과 같기 하기 위해 마운트의 가운데에 집중 하중 500을 가하였고 디퍼런셜 마운트는 상하 운동만 할 수 있도록 구속 조건을 주었다.

해석 결과 강성 값은 $k = 945.84N/m = 96.42kgf/mm$ 가 나왔고, 이것은 실험과 3.01%로 근사한 오차를 가진다. 따라서 최적화를 하기 위한 신뢰성 있는 해석 모델을 구성 하였다.

3. 반응표면법을 이용한 디퍼런셜 마운트의 고무 형상 최적화

3.1 디퍼런셜 마운트 적용을 위한 고무의 기계형상 최적화

(1) 해석 목적 및 주요 인자 선정

Fig.2 에서 볼 수 있듯이 반응표면법을 쓰기 위한 주요인자는 고무의 너비, 두께, 높이 (3인자)로 선택하였고 각각 초기 값은 12mm, 5mm, 30mm로 하였다. 각 인자의 수준은 너비와 높이의 경우 ±20%씩 변화시켰고 두께의 경우는 제작의 어려움을 고려하여 최소 길이를 5mm로 제한하였으며 따라서 20, 40%씩 길이를 증가시켰다. 목표강성은 기존 강성 마운트의 정강성 값인 $k = 40\,kgf\ /mm$ 로 정하였고, 유의 수준은 0.01로 하여 반응 표변법을 실시하였다.

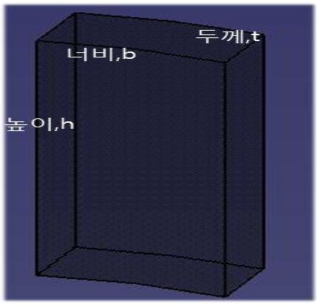

Fig. 2 Rubber shape and parameter

(2) 반응표면분석 및 데이터 분산 분석

대표적인 회귀분석 프로그램인 minitab을 이용하여 3인자 3수준에 대해 반응표면분석을 실시한 결과 총 15번의 실험 순서가 결정되었고 그에 따라 모델링을 수정하여 15번의 해석을 다시 실시하였다.

해석 후, 데이터의 분산 분석 결과 상관계수 0.98로 높은 회귀 모델 식 (1)을 구할 수 있었다.

(3) 고무의 형상 최적화 및 검증

고무의 최적 파라미터 값을 구하기 위해 반응 최적화를 실행한 결과 너비 11.78mm, 두께 6.73mm, 높이 28.45mm의 결과를 얻었다. 반응 최적화 결과를 검증 하기위해 주어진 파라미터 값으로 모델을 수정하였으며 다시 해석을 실시하였고, 그결과 $k = 392.51N/m = 40.01kgf\ /mm$ 의 값을 얻었다. 이 결과는 목표 강성과 0.03%의 매우 근사한 오차를 가진다.

3. 결 론

본 연구의 결론은 다음과 같이 두 가지로 정리할 수 있다.

첫째, 디퍼런셜 마운트의 강성은 고무의 강성에 의해 결정되기 때문에 디퍼런셜 마운트의 정강성 해석은 고무를 제외한 부분을 강체로 가정하여 해석 하였고, 실험결과와 해석결과의 강성 값을 비교하여 약 3%의 오차를 갖는 디퍼런셜 마운트의 유한요소해석 모델을 확보하였다.

둘째, 반응표면법의 반응 최적화를 통하여 기존 상용 디퍼런셜 마운트의 정강성과 0.03%의 오차를 갖는 디퍼런셜 마운트 고무의 형상 최적 파라미터를 도출 하였다.

후 기

본 연구를 진행하기 위해 도움주신 많은 분들께 감사드립니다.