

# 승용차 서브프레임용 고무부시의 동강성 예측

## Estimation of Dynamic Characteristics of a Rubber Component for Subframe in Automobile Vehicle

안태길† · 구준환\* · 김주성\*\* · 이용현\*\* · 김기주\*\*\* ·  
 최병익\*\*\*\* · 이학주\*\*\*\* · 우창수\*\*\*\* · 김경식\*\*\*\*

Taekil Ahn, Jun-Hwan Goo, Joo-sung Kim, Yong Heon Lee, Kee Joo Kim,  
 Byung-ik choi, Hak Joo Lee, Chang-su Woo, Kyung-shik Kim

### 3. 실험 및 실험결과

#### 1. 서 론

본 논문에서는 고무재료의 특성들을 이용하여 실험을 통해 얻은 초기압축이 작용하는 고무 시편의 강성을 이용하여 자동차 엔진 마운트에 들어가는 부시의 동특성을 예측해 보고, 유한요소 해석을 통해 실험 없이 부품의 동특성 예측이 가능한지 알아보려고 한다.

#### 2. 예측방법

##### 2.1 예측방법

###### (1) 예측 방법

고무 시편으로부터 얻은 동배율로 부품의 동특성을 구하는 방법은 저자의 이전 연구에서 밝힌바 있고 식(1)을 이용하여 부품의 동강성 계수를 구할 수 있으며 이를 도식화 하면 Fig.1과 같다.

$$K_{com}(q, w) = K_{s, com}(q) \frac{K_{blk}(p, w)}{K_{s, blk}(p)} \quad (1)$$

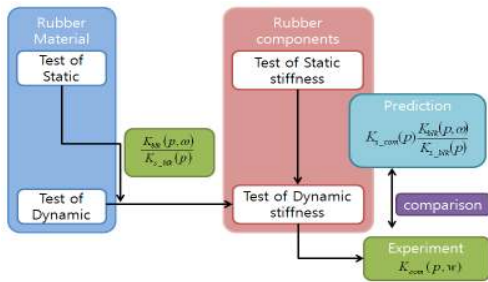


Fig.1 Procedure to predict dynamic stiffness of a rubber component

- † 안태길; 호서대학교 자동차공학과  
E-mail : ktahn@hoseo.edu  
Tel : (041) 540-5812, Fax : (041) 540-5818
- \* 호서대학교 대학원 기계공학과
- \*\* 쌍용자동차 CAE팀
- \*\*\* 서정대학 자동차과
- \*\*\*\* 한국기계연구원 나노역학연구실

##### 3.1 시편의 실험

지름과 높이가 각각 50mm이며, 0.5mm의 오차를 허용하는 경도 50인 원통형 시편을 사용하였으며 압축을 고려하여 5%, 10%, 15%, 20% 의 4가지의 pre-strain조건을 0.15%의 dynamic-strain을 갖은 실험을 수행하였다. 가진 주파수의 범위는 5~195Hz이고, step주파수는 10Hz이다.

##### 3.2 부품의 실험

고무부품의 모양은 Fig.2 와 같고, 시편과 동일한 재질의 고무로 제작 되었다. 정적실험 조건은 Axial 방향으로 ±200kgf, Radial 방향으로 ±800kgf의 하중을 주며 실험 하였고 동적실험의 하중조건은 Table.1과 같으며 주파수조건은 시편일 때와 동일한 조건으로 실험을 진행하였다.

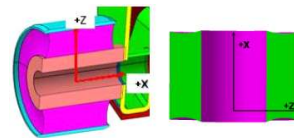


Fig.2 Rubber component

Table.1 Dynamic test conditions of a component

경도	방향	preload(Kgf)	D_load
50	X (Axial)	-100, -35, -10, 0, 35, 100	0.02 (mm)
	Y, Z (Radial)	-410, -300, -35, 0, 200, 400	

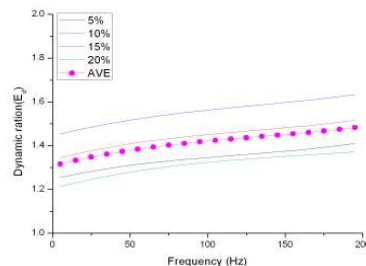
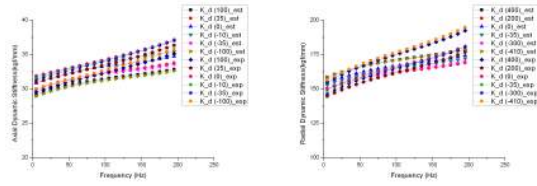
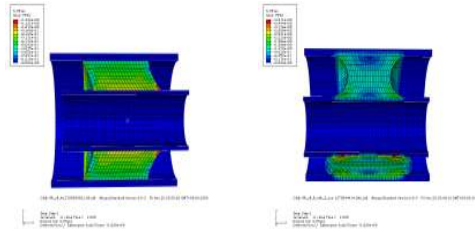


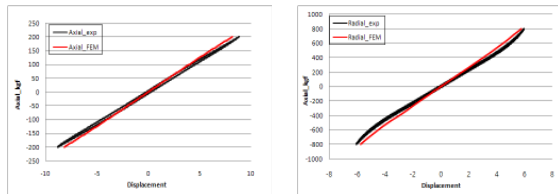
Fig.3 Dynamic ratio of rubber block specimens with four static deflections



(a) Axial Dynamic Stiffness (b) Radial Dynamic Stiffness  
**Fig.4** Few dynamic stiffness of experiment and estimation.



(a) Axial Result of FEM (b) Radial Result of FEM  
**Fig.5** Result of FEM



(a) Axial Dynamic Stiffness (b) Radial Dynamic Stiffness  
**Fig.6** Static stiffness of experiment and FEM

### 3.3 실험 결과

시편의 동배율은 fig.3과 같고, 동배율의 대표 값으로 평균값을 사용하였다. 평균값기준 동배율의 오차율은 10% 이내이다.

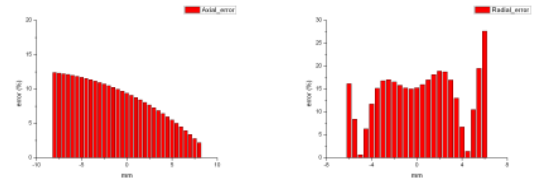
실험과 예측으로부터 얻어진 결과는 Fig.4와 같고, 방경방향 400kgf 일 경우를 제외하면 오차는 10% 이내이다

### 4. 부품의 유한요소해석

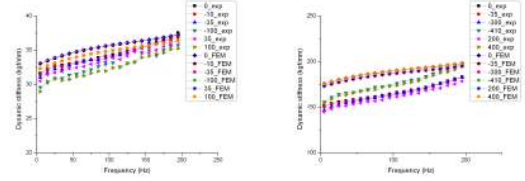
고무부품의 해석은 아바쿠스를 이용하였고, 사용된 요소는 고무부C3D8R과 스틸부C3D8RH가 이용되었으며, 고무소재의 기계적 특성 실험 데이터를 사용하여 구해진 ogden 3항을 이용하였으며 실제 실험과 같은 조건으로 비선형 유한요소 해석을 진행하여 Fig.5 와 같은 결과를 얻었다.

Fig.6은 고무부품의 FEM 데이터와 실험데이터는 변위-하중선도로 유사한 경향을 보이고 있으나 하중이 무거워질수록 오차가 증가 하고 있다.

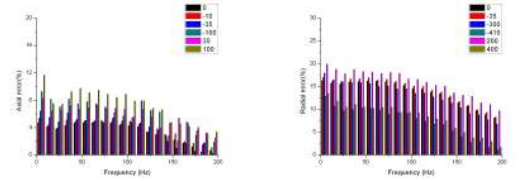
본 연구에서 가장 중요한 점은 부품의 해석값과 실험값의 정특성이 얼마나 일치하는가에 있다. Fig. 7을 0.5mm간격으로 각각의 정특성의 오차를 나타낸 값으로 축 방향이 경방향보다 더 일치하고 있으며 최대오차는 경 방향에서 6mm에서 27%일 때를 제외하면 20%이내이다.



(a) Axial error at point (b) Radial error at point  
**Fig.7** Error of Static Stiffness at Point



(a) Axial Dynamic stiffness (b) Radial Dynamic stiffness  
**Fig.8** Dynamic stiffness of experiment and FEM.



(a) Error of Axial (b) Error of Radial  
**Fig.9** Error of Dynamic stiffness with experiment and FEM.

Fig.8 은 실험값과 FEM값의 동강성 값을 나타낸 것이며, Fig.9 는 그 오차를 나타낸 것으로 축방향 오차는 12%이내이며, 경방향 오차는 20%이내이다.

### 5. 결 론

고무 시편을 이용하여 부품의 동적 특성을 예측하고자 했으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 실험값과 예측값의 오차는 초기 하중에 따라 다르게 나타났으며 이는 초기하중이 부품의 특성 예측시 반드시 고려되어야 할 사항을 알 수 있다.
- (2) 시편의 동배율로부터 부품의 동강성의 예측이 가능하였다.
- (3) FEM을 이용한 동강성 예측이 실험에 의한 예측보다 높은 오차율을 보이고 있으나, 이는 복잡한 실험절차를 감안 할 때 산업현장에서 상당히 유용할 것으로 기대된다.
- (4) 보다 정확한 FEM 결과를 얻기 위해서는 변형량에 따른 물성의 확보와 알맞은 물성치 사용이 이루어져야 한다.

### 후 기

본 연구는 지식 경제부의 21세기 프론티어 기술개발 사업으로 수행된 결과의 일부이며, 이에 관계자 분들께 감사를 드립니다.