

# 자동차 알루미늄 부품의 단축 진동내구용 가진 프로파일 생성 방법

## Uni-axial force profile generation of a automotive aluminium part

이동원\*·김찬중†·권성진\*·배철용\*·이봉현\*

D.W. Lee, C.J. Kim, S.J. Kwon, C.Y. Bae and B.H. Lee

### 1. 서 론

차량 경량화는 경쟁이 심화되고 있는 자동차 시장에서 매우 중요한 기술인자로, 승차감 향상 및 연비절감 효과를 위해서 필수적으로 요구되는 기술이다. 이러한 자동차 경량화의 일환으로 초경량 고강도의 소재를 차량의 소재로 채택하고 있다. 이러한 맥락에서 순수 알루미늄 소재는 경량화 취지와 맞기는 하나 소재의 특성상 강도가 약하기 때문에 차량의 부품소재로는 국한적으로 사용되었다. 그러나 알루미늄을 주 소재로하는 알루미늄 합금소재는 자동차 부품의 경량화에 기여하는 바가 크기 때문에 여러 부분에서 활용되고 있으며, 현가장치를 구성하는 부품도 마찬가지이다. 현가장치는 차량 중량을 지탱하고 노면에서 발생하는 하중이 주행자에게 전달되는 것을 차단해야 하기 때문에 저주파 성분이며 진폭이 크다. 따라서 진동내구 측면에서 측정된 데이터를 활용하여 실험실 기반의 성능을 평가하거나 혹은 가속시험을 수행할 때 하중 데이터가 효율적이다.

실차 기반의 하중 데이터를 활용하여 현가장치 부품의 내구성능을 평가하기 위해서는 다축 하중을 누설 없이 재현할 수 있는 다축의 가진 시스템이 필요하다. 그러나 본 시험은 시험 장비를 갖추기 위한 투자비용 및 작업자의 숙련도가 높아야 하기 때문에 해당 업체에 부담이 된다. 자동차 업체에서는 다축 시험을 단축 시험으로 대체하고자 하는 요구가 높으며, 특정 부품에 대한 단축 시험 결과를 다축의 경우와 비교 평가하여 완성차 업체를 중심으로 다수의 규격이 활용되고 있다.

본 논문에서는 실차 주행에서 측정된 휠 하중 데이터를 활용하여 유한요소 모델 기반 단축 가진 프로파일 생성 방법을 제안하고자 한다. 단축 가진 프로파일을 생성하기 위해 대상 부품에 대한 다축 내구해석을 수행한 후, 동일한 취약 부위에서 유사한 피로 손상도가 발생할 수 있는 단축 가진 프로파일을 생성하였다. 특히, 단축 가진 프로파일은

실측 데이터의 PSD 선도를 활용하여 유사한 에너지 값이 대상 부품에 인가될 수 있도록 하였으며, 해석 결과를 단축 시험을 활용하여 검증하였다<sup>(1)</sup>.

### 2. 대상 부품 선정

알루미늄 부품에 대한 단축 진동내구해석을 진행하기 위하여 현재 생산되고 있는 국내 H사의 330cc급 대형 세단의 알루미늄 소재 어퍼컨트롤암(upper control arm)을 대상 부품으로 선정하여 3차원 모델링 작업과 유한요소화 작업을 진행하였다. 3차원 모델링 작업은 상용 3차원 모델링 프로그램인 CATIA를 사용하여 모델링 하였으며, 유한요소화 작업은 상용화 프로그램인 Hypermesh를 사용하여 유한요소화 작업을 진행하였다. 대상부품의 3차원 모델과 유한요소 모델은 Fig. 1에 나타내었으며, 유한요소모델의 정보는 Table 1에 나타내었다.



(a) 3D surface model (b) Finite element model  
Fig. 1 Aluminum upper control arm model

Table 1 Information of FE Model

	$E$ (GPa)	$\nu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )
UCA	70	0.33	2,700

### 2. 단축 가진 프로파일 생성 방법론

단축 가진 프로파일을 생성하기 위해서는 목표가 되는 다축 가진 해석(시험) 결과가 필요하며 취약 부위에 대한 국부적인 변형량 혹은 응력 이력을 알고 있어야 한다. 해석 기반으로 단축 가진 프로파일을 생성하기 위해서는 가진 위치 및 방향이 필요하며, 보다 효율적인 접근을 위해 민감도 해석을 진행한다. 민감도 해석은 가진 위치로 적당한 후보 가진점들에 대해 3축 방향의 단일 구조 해석을 수행하는 것으로 최종적인 가진 위치 및 방향을 결정하게 된다. 단축

† 김 찬 중; 자동차부품연구원  
E-mail : cjkim@katech.re.kr  
Tel : (041) 559-3124, Fax : (041) 559-3070

\* 자동차부품연구원

가진의 방향이 결정되면 측정된 데이터의 스펙트럼을 분석하여 주파수 대역별 유사한 에너지 값이 입력되도록 블록 함수를 획득한 후 비례 계수를 활용하여 최종적인 가진 프로파일이 생성된다.

### 3. 자동차 알루미늄 부품의 가진 프로파일 생성

#### 3.1 전체 프로세스

대상 부품을 자동차 알루미늄으로 결정한 후, 차량에서 획득한 다축의 가진 데이터를 활용하여 내구해석을 수행한다. 동일한 해석 조건에서 민감도 해석을 통해 얻어진 단일 방향의 가진에 대해 PSD 선도의 스펙트럼을 분석하여 블록 단위의 가진 프로파일을 결정한다. 아래 Fig. 2는 가진 프로파일 생성을 위한 전체 프로세스이다.

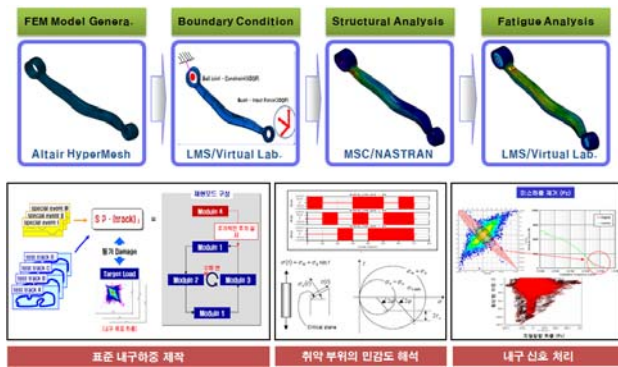


Fig. 2 Generation of uni-axial forcing profile

#### 3.2 알루미늄 부품의 내구해석

대상 부품의 내구해석을 수행하기 위해 유한요소 모델 및 경계조건 부여가 필요하다. 부쉬로 연결된 한쪽 방향은 6자유도를 구속한 후 한쪽 방향은 측정된 3축 방향의 데이터를 활용하여 하중을 인가하였다. 본 내구해석 결과는 측정된 차량 데이터를 바탕으로 수행된 해석 결과이며, 동시에 단축 가진 해석의 목표 내구 손상도이다. 3축 방향의 데이터는 주파수 대역으로 7(Hz) 이하에서 주요 하중 값이 존재하였기 때문에 5(Hz) 이하의 조화 성분들로 이루어진 블록 가진 프로파일을 생성하였으며 하중 크기는 임의 선정되었다.

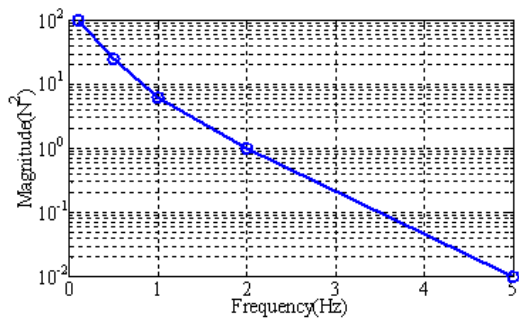


Fig. 2 Synthesized block profile(uni-axial test)

본 가진 데이터를 활용하여 대상 부품에 대해 민감도 해석을 수행한 후 Fig. 3의 블록 하중에 대해 크기 값을 부여하였다. 아래 Fig. 4는 민감도 해석을 통해 도출된 단축 가진 결과를 보여준다.

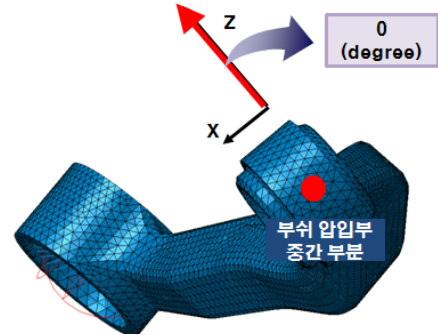


Fig. 4 Uni-axial fatigue method for UCA

단축 내구해석 결과와 다축 내구 해석 결과를 비교하였을 때, 취약 부위에서의 피로 손상도가 각각 0.618, 0.617로 나타났으며, critical plane<sup>(2)</sup>의 각도가 52.3(degree), 51.9(degree)로 각각 나타났다. 그러므로 대상 부품을 단축 내구 시험으로 대체하였을 경우에도 취약 부위의 내구 거동 측면에서 충분한 신뢰성을 가진다.

### 3. 결 론

자동차 알루미늄 부품의 진동내구 시험을 수행하는 방법 중, 시험에 요구되는 인적 및 물적 자원을 최소화할 수 있는 단축 가진 방법을 제안하였다. 실차에서 측정된 데이터를 기반으로 다축 피로해석을 수행한 다음 민감도 해석을 통해 동일한 손상도를 가지는 단축 가진 프로파일을 도출하였다. 본 단축 가진 방법은 다축의 경우와 유사한 신뢰성을 가짐을 확인하였기 때문에 산업 현장의 응용에 큰 기여를 할 것으로 판단된다.

### 후 기

본 논문은 지식경제부가 주관하는 산업원천기술개발사업(저진동 친환경 차량을 위한 밸런싱 샤프트 개발)의 성과물로서 관계자 여러분께 감사드립니다.

### 참고문헌

- (1) Bryan D, Harry S, "Accelerated Testing", Warrendale: SAE International, 2006.
- (2) Ralph I.S., Ali F., Robert R.S., Henry O.F., "Metal Fatigue in Engineering", New York: John Willey & Sons, INC.