

차량클러치 스프링 댐퍼용 비틀림 진동 절연기의 진동 전달률 측정 Vibration Transmissibility Measurement of Torsional Vibration Isolator for Automotive Clutch Spring Dampers

김기우† · 장재덕* · 홍순석* · 김원진**
Gi-Woo Kim, Jae-Duk Jang, Sun-Suk Hong and Won-Jin Kim

1. 서 론

최근 전기 자동차와 같은 친환경 자동차에 대한 연구 및 개발이 활발하게 이루어짐에도 불구하고 대부분의 자동차에서 현재까지 주 동력원으로 사용하는 내연기관 (internal-combustion engine)은 흡입, 압축, 팽창 및 배기 행정 과정에서 발생하는 혼합 가스 압력, 피스톤 왕복운동의 불균형 등에 의해 엔진 토크의 변동 (fluctuation, ripple)이 필연적으로 발생하는 단점이 존재한다. 이러한 엔진 토크 진동은 동력전달 계 (powertrain system)로 전달되어 불필요한 NVH (noise, vibration, and harshness) 문제를 발생시키며 자동차 감성 품질을 악화시켜 주요 소비자 불만 요인이 되고 있다. 특히 자동 변속기 (automatic transmission, AT) 장착 차량은 연비를 개선하기 위해 토크 컨버터 (torque converter) 내부에 특정 운전조건에서 엔진과 변속기 입력축을 수동변속기와 같이 체결시키는 직결 클러치 (lock-up clutch)를 장착하고 있기 때문에 엔진으로부터 유입되는 엔진 토크 진동은 진동 소음 문제를 발생시킬 뿐만 아니라 진폭이 큰 비틀림 진동에 장시간 노출될 경우 동력 전달 계통 부품의 내구성을 저하시킨다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 Fig. 1 에 나타난 형상과 같이 직결 클러치 원주상에 이중 헬리컬 코일 스프링 (double helical coil spring)으로 구성된 비틀림 댐퍼 (torsional damper)를 설치하여 전달되는 토크 진동 폭을 감소시키고 있으나 다양한 엔진 신기술의 발달과

디젤 엔진의 대중화로 인해 엔진 토크 진동의 크기가 지속적으로 증대되고 있는 추세이기 때문에 비틀림 진동 절연 성능 개선 및 성능 평가에 대한 연구가 반드시 필요하다.

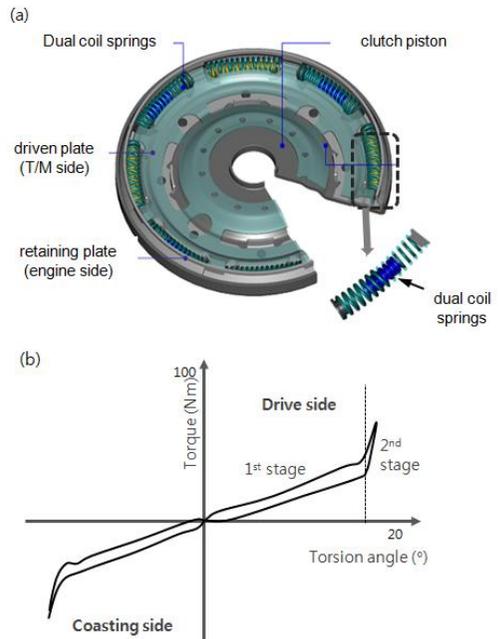


Fig. 1 Torsional vibration isolator (a) schematic (b) its torsional spring characteristics

그러나 시험 방법 및 장비에 대한 정보의 부족 및 어려움으로 인해 자동차용 비틀림 댐퍼가 기본적으로 진동 절연 (vibration isolation)이 고유 기능임에도 불구하고 구동계 진동모드에 의한 공진관련 소음해석에 대한 연구가 대부분이고 공진 영역 이외에서의 (off-resonance) 진동 절연 성능에 대한 해석 및 실험적 고찰은 병진형 (translational) 진동 절연기에 비해 미흡한 실정이며 비틀림 댐퍼가 동적인 운전 조건에서 작동하는

† 교신저자; 정희원, 경북대학교 자동차공학부
E-mail : gwkim2@knu.ac.kr
Tel : 054-530-1407, Fax : 054-530-1409
* 한국파워트레인㈜
** 계명대학교 기계자동차공학과

상황임에도 불구하고 Fig. 1 (b)에 나타난 정적 비틀림 스프링 특성으로 절연 성능을 시뮬레이션 하거나 간접적으로 예측하여 평가하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 저관성 (lower inertia) 댐퍼 내구 시험기를 사용하여 비틀림 댐퍼의 진동 절연 성능을 실험적으로 측정하였다.

2. 비틀림 진동 전달률 측정

본 연구에서는 비틀림 댐퍼의 진동 전달률을 실험적으로 측정하기 위해 Fig. 2 에 나타난 저관성 다이노모 시험기 (lower inertia dynamometer)를 사용하였다. 다이노모의 입력 회전수 증가에 비례하여 서서히 입력 토크의 가진주파수 (excitation frequency)를 증가시킨 처프(chirp or sweep) 가진 신호를 사용하여 출력축 토크를 측정하는 시험 결과 예를 Fig. 3에 나타내었다.

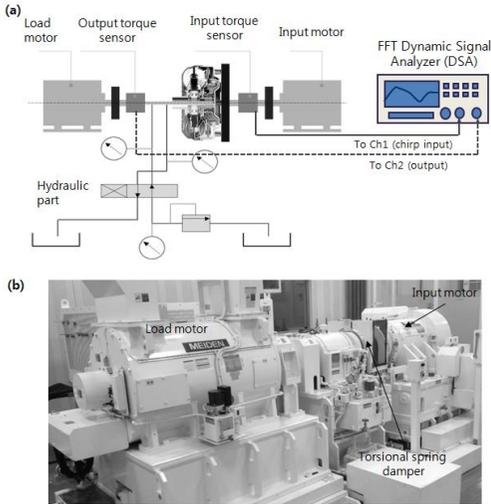


Fig. 2 Low inertia dynamometer for experiment

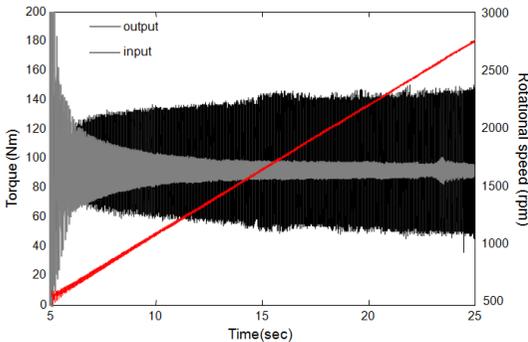


Fig. 3 Two measured torque responses

일반적으로 처프 입력 및 출력 신호의 파워 스펙트럼 밀도 (power spectrum density, PSD) 함수가 주어질 경우 주파수 분석이론에 의해 다음과 같이 주파수응답함수를 추정할 수 있다.

$$|H(\omega)|^2 = \frac{S_{xx}(\omega)}{AS_{yy}(\omega)} \quad (1)$$

여기서 $H(\omega)$ 는 주파수응답함수, $S_{yy}(\omega)$ 는 입력 신호의 파워 스펙트럼 밀도 함수, $S_{xx}(\omega)$ 는 출력 신호의 파워 스펙트럼 밀도함수, A 는 이득(gain)을 나타낸다. 기존 표준 댐퍼의 진동 전달률을 측정하는 결과 예제를 Fig. 4에 나타내었다. 이때 사용된 입출력 토크 신호는 Fig. 3에 나타난 신호를 사용하였다. 단일 공진주파수가 약 19 Hz에서 발생하는 전형적인 2 차 선형 시스템의 특성을 나타냈으며, 이와 같은 주파수응답함수는 진동 절연기의 성능지표인 진동 전달률을 나타낸다.

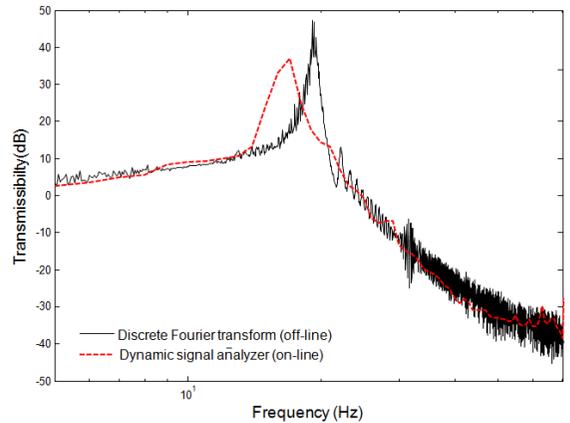


Fig. 4 Measured transmissibility using DFT

3. 결 론

자동차 클러치용 비틀림 댐퍼의 진동 전달률을 고가의 전용 측정 장비 대신 입력 토크의 변조가 가능한 기존 내구 시험기를 사용하여 정확하게 측정할 수 있었다. 이와 같은 비틀림 댐퍼의 동적 주파수 특성에 대한 측정을 통해 기존 정적 비틀림 스프링 특성 시험의 단점을 보완할 수 있는 가능성을 제시하였다.