

# 스프링-점성 비틀림 진동댐퍼 동특성 평가에 관한 연구

## Estimation of Dynamic Characteristics on the Torsional Vibration Spring-viscous Damper

이동환\* · 정태영\* · 문석준\* · 김홍섭\* · 정종안\*

Lee, D. H., Chung, T. Y., Moon, S. J., Kim, H. S., Jeong, J. A.

### 1. 서 론

통상 디젤엔진 축계의 비틀림 진동응력을 선급 규제치 이하로 유지하기 위하여 비틀림 진동댐퍼를 설계하여 부착하게 된다. 이때 중대형 디젤엔진 축계에서는 스프링 점성형 댐퍼가 주로 사용된다.

본 연구에서는 동흡진기 설계이론 및 최적설계이론을 이용하여 중대형 디젤엔진축계의 비틀림 진동댐퍼의 파라미터를 얻었다.

이상으로부터 얻어진 기본설계 파라미터들은 상세설계 및 제작을 통하여 시작품으로 구현하였다. 제작된 시작품은 성능시험을 통하여 검증되었다.

### 2. 축계 파라미터 설계

본 연구에서 1800kW급 4행정 6기통 디젤엔진 제너레이터 축계를 대상으로 비틀림 진동해석 결과 댐퍼를 부착하지 않은 경우에 운전속도 900 rpm에서 크랭크축에 작용하는 비틀림 응력이 선급 규제치  $30 N/mm^2$ 를 매우 근접하는 위험한 상태를 보였다. 따라서 본 엔진 축계의 플라이휠 반대 측에 비틀림 댐퍼를 적용하여 엔진 크랭크축에 작용하는 비틀림 진동응력을 선급 규제치 이하로 제어하는 설계 연구를 수행하였다.

댐퍼 해석 및 설계에는 모달해석을 통한 정규화된 질량 모드 형상벡터( Mass normalized mode shape vector)로부터 Table 1과 같은 유효관성질량

Table 1 Effective mass moment of inertia and effective stiffness at position 1 for 2<sup>nd</sup> mode

Description	Value	Description	Value
$J_{11}$	68.41 $kgm^2$	$k_{11}$	$1.352 \times 10^7 Nm/rad$

Table 2 Designed mass moment of inertia, stiffness and damping coefficient of the damper

Description	Value	Description	Value
$J_2$	13.0 $kgm^2$	$k_2$	$2.0 \times 10^6 Nm/rad$
$c_2$	2300 $Nm/rad$		

과 유효강성을 얻었다. 얻어진 결과를 1자유도 등가계로 치환하고 Nishihara가 제안한 최적설계이론에 의거하여 Table 2와 같은 댐퍼의 관성질량, 강성 및 감쇠계수를 얻었다.

설계된 댐퍼의 내부 형상은 Fig.1과 같다.

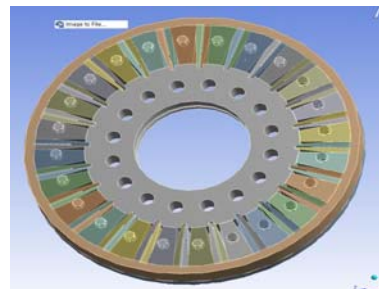


Fig.1 Shape of torsional vibration damper

### 3. 파라미터 검증

#### 3.1 댐퍼의 관성질량

관성질량은 다음의 식(1)에 의하여 얻어진다. 설계된 시작품은 30~40° 비튼 후 놓는 실험을 10회 반복하였으며 시험결과는 Table 3과 같다.

† 교신저자; 정희원, 한국기계연구원  
 E-mail : ldh@kimm.re.kr  
 Tel : (042)868-7352 , Fax : (042)868-7440  
 \* 한국기계연구원

$$J_{zz} = \frac{m g r^2}{4 \pi^2 l} T^2 \quad (kg \ m^2) \quad (1)$$

Table 3 Mass and mass moment of inertia of damper

항목	Inner star		Outer member	
	설계값	측정	설계값	측정
Mass(kg)	55.12	54	157.08	157
Inertia mass(kg $m^2$ )	1.67	1.41	13.3	13.02

### 3.2 댐퍼의 비틀림 강성

Fig.2와 같이 Inner star를 고정하고 Outer member에 토크를 가하는 경우 비틀림 강성계수는

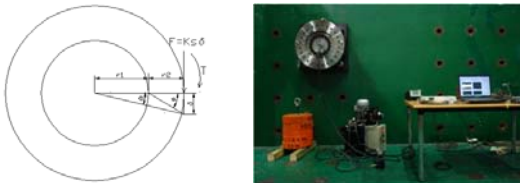


Fig.2 Free decay test for the stiffness and damping coefficient of damper

식(2)로 표현할 수 있다. 식(2)에서 강성은 스프링 계수에 비례하고 반경  $r$ 의 제곱에 비례함을 알 수 있다.

$$k_{\theta} = n k_s r^2 \quad (2)$$

댐퍼내의 오일을 제거한 상태에서의 Free decay test 결과는 Fig.3와 같다.

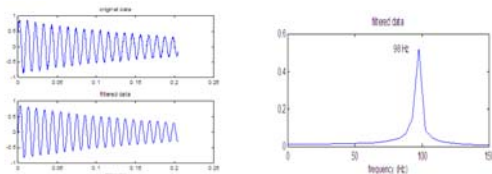


Fig.3 Result of free decay test for the damper without oil

Fig.3의 우측으로부터 댐퍼의 고유진동수( $\omega_n$ )는 98Hz, 측정된 Outer member의 관성질량은 13.02로 겉보기 비틀림 강성( $k_{\phi}$ )은  $4.85 \times 10^6 \text{ Nm/rad}$

이 된다. 이로부터 단위 스프링 강성( $k_s$ )은  $1.7 \times 10^6 \text{ N/m}$ 가 되어 댐퍼의 비틀림 강성( $k_{\theta}$ )은 식(3)과 같이 계산된다.

$$k_{\theta} = n k_s r_1^2 = 24 \times 1.7 \times 10^6 \times (0.22)^2 = 1.97 \times 10^6 \text{ Nm/rad} \quad (3)$$

### 3.3 댐퍼의 비틀림 감쇠

Fig.2에서 댐퍼에 oil이 채워진 경우에 스프링 좌우의 유실에 oil이 진동에 의하여 Side plate의 홈을 흐르며 감쇠를 발생한다. 이 경우의 Free decay test 결과는 다음의 Fig.4와 같다.

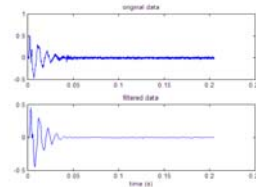


Fig.4 Result of free decay test for the damper with oil

Fig.4에서 대수 감쇠율( $\delta$ )은  $\ln(0.7/0.23) = 1.11$ 이므로 감쇠비( $\zeta$ )는 0.174가 되고 그로부터 감쇠계수( $c_{\theta}$ )는 식(4)와 같이 계산된다.

$$c_{\theta} = \frac{2 k_{\theta} \zeta}{\omega_n} = 2101 \text{ Nm s/rad} \quad (4)$$

## 4. 결 론

설계된 파라미터 값과 성능시험을 통하여 평가된 값을 비교하면 관성질량의 경우 0.2%, 강성계수의 경우 1.5%, 감쇠계수의 경우 8.6%의 오차를 가진다. 통상 선급에서 댐퍼 제품은 설계값과 비교하여 강성계수의 오차 10%, 감쇠계수의 오차 30%를 허용하는 것으로 알려졌다으므로 본 연구의 시작품은 설계값과 매우 잘 일치하게 제작되었다.

## 후 기

본 논문은 민군겸용기술사업 “해상/육상 추진 및 발전용 디젤엔진의 비틀림 진동댐퍼 국산화 개발”연구결과의 일부분입니다.