

비틀림 진동 댐퍼의 강성 및 감쇠계수 해석

Analysis of the Stiffness and Damping Coefficients of a Torsional Vibration Damper

김영철†·이동환*·함덕용*·이형우**·김영배***

Y. C. Kim, D. H. Lee, D. Y. Ham, H. W. Lee and Y. B. Kim

1. 서 론

선박용 추진축계는 엔진 크랭크축, 플라이 휠, 프로펠러, 중간축 및 제너레이터 축 등 여러 개의 축과 관성질량으로 구성되어 있다. 만일 운전범위에서 엔진의 실린더 가스 폭발 및 기계적 관성력에 의하여 크랭크축이나 중간축에 작용하는 비틀림 응력이 선급 규제에 근접하거나 초과하는 경우 비틀림 진동댐퍼를 사용하여 안전한 수준으로 레벨을 완화할 수 있다. 보통 대형 박용기관에는 감쇠비가 우수한 스프링 점성 댐퍼가 주로 사용된다.

본 연구에서는 ANSYS를 사용하여, 900rpm으로 운전되는 1800kW급 4행정 6기통 선박용 디젤엔진에 비틀림 진동 저감용으로 장착되는 스프링 점성 댐퍼의 강성 및 감쇠계수를 해석하고, 대상 엔진의 요구조건을 만족시키는 설계 방안을 제시하고자 한다.

2. 댐퍼의 구조 및 설계 제원

Fig.1은 스프링 점성 댐퍼의 구조를 나타낸다. 즉 관성질량 사이에 관형태의 스프링이 끼워져 있어 강성을 제공하고, 관성질량과 판스프링 사이에 유실이 존재하여 스프링의 탄성변형이 있을 때 측면 마개에 설치되어 있는 사각 채널을 통해 유체가 이동하면서 감쇠를 제공하게 된다. 축계 진동 해석 결과, 댐퍼에 작용하는 토크는 10kNm라고 가정하였다. 댐퍼 전체의 중량은 약 200kg정도이며, 2차축 관성모멘트는 13.0kgm²이다. 댐퍼의 설계시 요구되는 강성계수는 2MN/rad이고, 감쇠계수는 2300Nms/rad이다.

판스프링은 총 24set로 이루어져 있으며, 두 개의 판스프링과 그 중간에 Shim이 끼워져 1개의 set를 이루고 있

고, 판스프링의 총 길이는 112.5mm이다. 두 개의 판스프링은 스프링강 소재인 AISI Type 302B Stainless Steel, annealed 소재를 선정하였으며, Shim 소재는 Brass를 사용하는 것으로 가정하였다. 비틀림 진동은 각각의 판스프링의 끝단에서 1893N의 크기로 전달되어 지는 것으로 계산된다. 따라서 각각의 스프링에 요구되는 스프링 강성은 1.72MN/m이고, 스프링 끝단에서의 변형량은 1.1mm가 된다. 또한 설계시 스프링강 소재의 항복강도를 275MPa로 가정하였을 때, 충분한 안전계수를 가지도록 설계된다.

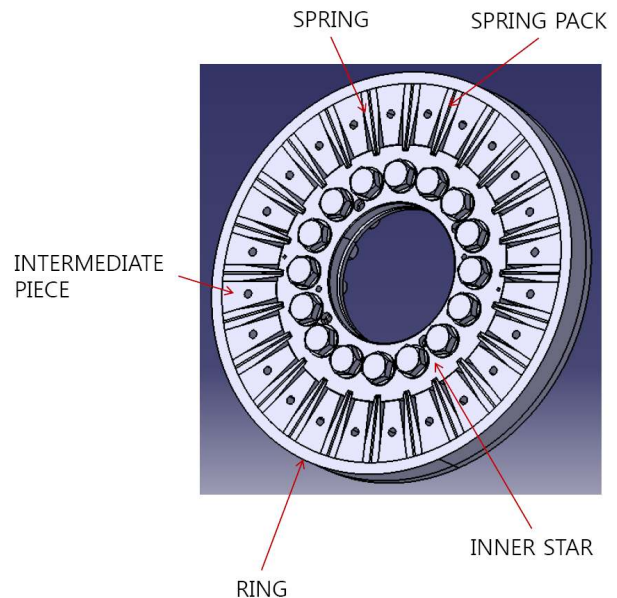


Fig. 1 스프링 점성 댐퍼의 구조

3. 강성 및 감쇠계수 해석

강성 계수를 해석하기 위해 ANSYS를 이용하여 정적 변형 해석을 수행하였다. 판스프링의 두께와 Shim의 길이를 총 12가지로 변화시키면서 변형 및 응력해석을 수행하였다. Fig.2는 판스프링의 응력을 해석한 결과의 한 예를 보여주고 있는데, 최대응력지점이 판스프링의 경사부에서 발생함을 볼 수 있다.

† 김영철 : 한국기계연구원
E-mail : kyc@kimm.re.kr
Tel:(042)868-7877, Fax:(042)868-7440

* 한국기계연구원

* 부산대학교

** (주) 세영인더스트리

Fig. 3과 Fig.4는 각 치수들에 대해 변형량 및 강성 해석 결과를 그래프로 표현한 것이며, 설계조건을 만족하는 경우를 찾을 수가 있다. 또한 Fig. 5는 각 치수들에 대해 최대 응력 해석 결과를 그래프로 표현한 것인데, 거의 Shim의 길이와 무관하게 최대응력값이 발생함을 볼 수 있으며, 충분한 안전계수를 가진 조건을 찾을 수 있다. 따라서 Shim은 최대응력에는 변화를 주지 않으면서, 강성을 조절하기 위한 목적으로 사용할 수 있음을 알 수 있다. 결과적으로

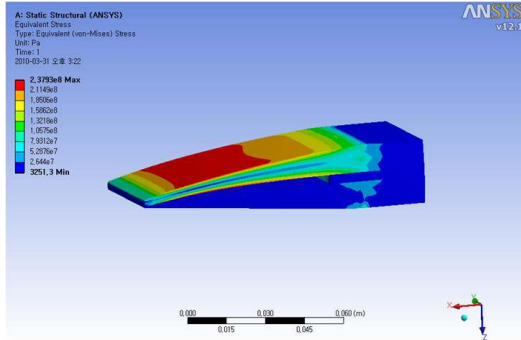


Fig. 2 판스프링의 응력 해석 예

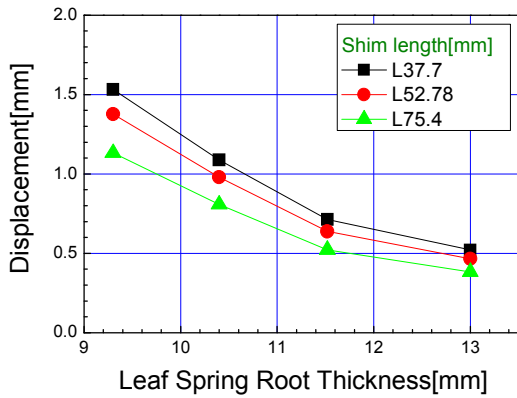


Fig. 3 판스프링의 변형량 계산 결과

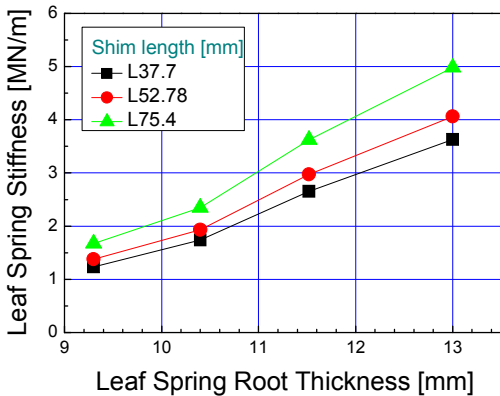


Fig. 4 판스프링의 강성 계산 결과

판스프링의 뿌리 두께를 10.4mm, Shim의 길이를 37.7mm로 결정하였다.

감쇠계수를 계산하기 위해서 사각채널을 가진 피스톤이라 가정한 이론식을 유도하였다. 즉 단면적이 A인 스프링이 유체를 펌핑할 때 폭 a, 두께 b, 길이 l인 사각채널을 통과하여 유체가 지나갈 때 감쇠계수는 다음과 같이 유도될 수 있다.

$$c = \frac{12A^2l\eta}{ab^3}$$

24개의 채널을 통해 유체가 통과한다고 가정할 때 1개의 채널에서 발생하는 점성감쇠는 1600Ns/m가 된다. 따라서 채널의 폭을 23mm, 높이를 2mm로 설계하였다.

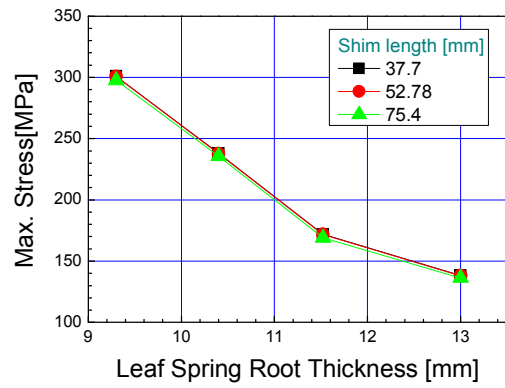


Fig. 5 판스프링의 최대 응력 계산 결과

4. 결 론

본 연구를 통해 판스프링의 치수 크기는 강성과 응역분포에 영향을 미치나, Shim은 강성을 조절(tuning)하기 위한 목적으로 사용됨을 확인하였다. 요구되는 강성계수를 만족시키는 판스프링의 형상을 결정하였으며, 감쇠계수를 만족시키는 채널 치수 크기를 결정하였다.

후 기

본 논문의 내용은 민군겸용기술사업인 “해상/육상 추진 및 발전용 디젤엔진의 비틀림 댐퍼 국산화 개발”의 연구결과 중 일부입니다.

참고문헌

- (1) 이동환 외, “박용 비틀림 진동 댐퍼 개발을 위한 해석 사례”, 2009년 소음진동공학회 추계학술대회, pp.478~479