

함정 축계 비틀림 진동 계측

Torsional Vibration Measurement of Propulsion System of Naval Vessel

박성호† · 한형석* · 이경현*

Sungho Park, HyungSuk Han and KyungHyun Lee

1. 서 론

함정에서의 소음/진동은 기계적 성능, 탑승자의 근무환경과 밀접한 연관성을 가지고 있을 뿐만 아니라 수중방사소음에 영향을 미치게 된다.⁽¹⁾ 수중방사소음은 함정에서 수중을 통해 아군 함정의 위치, 이동속도 등의 정보를 포함하고 있기 때문에 이를 최소화하기 위하여 소음/진동 특수성능에 대하여 엄격한 성능만족이 요구된다. 더욱이 최근 건조되고 있는 함정에서 축계 비틀림 진동과 관련하여 과손이 발생하고 있으며 이와 관련한 원인규명이 다방면에서 요구되고 있는 상황이다.

최근 특정 함정의 축계 시스템에서 커플링 과손, 워터젯 추진축계 과손, 킬 샤프트 과손 등 비틀림 진동과 관련한 다양한 문제가 발생되고 있지만 이와 관련된 원인규명이 부족한 실정이다. 건조 함정에서는 축계 비틀림 진동에 대하여 실제 계측이 아닌 해석결과에 의존하고 있을 뿐 아니라 실제 계측에서도 레이저 장비를 통한 근사적 측정방법을 활용하고 있다. 최근 텔레메트리 측정시스템의 발달로 함정 축계시스템에 스트레인 게이지를 부착하여 직접적으로 축에 작용하는 응력을 측정할 수 있게 되었다. 이러한 직접적인 축계 비틀림 진동 계측을 통하여 복잡한 함정의 축계 시스템에 적용되어온 해석결과나 레이저 장비를 통한 비틀림 진동 계측값의 타당성을 검증해 볼 필요성이 있다.

함정의 축계 비틀림 진동은 MIL-STD-167-2⁽²⁾ 규격에 의하여 관리되고 있다. 본 연구에서 진행하는 직접적인 축계 비틀림 진동 계측을 통해 실선에서의 비틀림 진동이 규격에서의 기준치를 초과하는지 비교해 볼 필요성이 있다. 또한 축계에 작용하는

비틀림 진동해석을 통하여 규격에서 요구하는 기준치가 축계의 안전도를 보장할 수 있는지에 대하여 분석할 필요성이 있으며, 안전도에 위협이 되는 경우 한국선급, ABS, LLOYD 등과 같은 다른 선급에서의 비틀림 진동 기준과 비교하여 함정의 새로운 축계 비틀림 진동 시험방법 및 기준치가 제시될 필요성이 있다.

2. 축계 비틀림 진동 계측

축계에 작용하는 비틀림 진동을 계측하는 방법에는 레이저장비, 가속도계, 스트레인 게이지 등을 활용할 수 있다. 레이저장비의 경우 직접적인 접촉이 필요하지 않으며 설치가 용이하다는 장점이 존재하지만, 장비가 고가이며 변위차이를 통하여 비틀림 진동을 추정해야 한다는 단점이 존재한다.

스트레인 게이지 혹은 가속도계를 사용할 경우 텔레메트리를 통해 축에 부착된 트랜스듀서의 계측값을 실시간으로 전송받을 필요성이 있다. 텔레메트리 산업의 발전으로 기존에 불가능하던 계측이 가능해졌지만 아직 무선송수신상의 잡음 등이 문제가 되고 있으며 이를 최소화하기 위하여 송수신 안테나를 두 개 이상으로 설치하는 등의 노력이 필요하며 특히 함정의 축계에 직접적으로 부착된 송신부 모듈이 축이 회전하는 동안 분리되어 안전사고가 발생하지 않도록 각별히 주의를 요한다.

축에 작용하는 응력을 직접적으로 계측하기 위하여 스트레인 게이지를 활용하였으며 스트레인 게이지는 Half-bridge 혹은 Full-bridge 로 구성될 수 있다. 또한 축의 굽힘 응력 등의 영향을 배제하고 순수한 비틀림 진동을 계측하기 위하여 Fig. 2 과 같이 축의 양쪽에 대칭적으로 배치함으로써 인장 응력과 압축 응력을 상쇄시킬 수 있다. 함정의 축계 비틀림 응력 계측에서는 측정 결과 굽힘 응력 등의 영향력이 상대적으로 미비하였으며, 이에 따라 설치의 용이를 위하여 축의 한쪽에만 Full-bridge를 구성하여 비틀림 진동을 계측하였다.

† 교신저자; 국방기술품질원
E-mail : sungho88@dtaq.re.kr
Tel : 051-750-2565, Fax : 051-758-3992
* 국방기술품질원

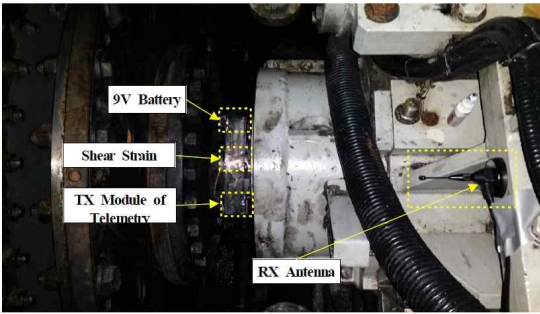


Fig. 1 Torsional Vibration Measurement System

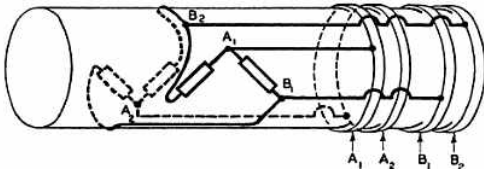


Fig. 2 Symmetric configuration of strain gage compensates for unwanted measured quantities.

3. 비틀림 진동 기준치 비교

함정의 축계 비틀림 진동은 MIL-STD-167-2의 Type III 기준에 따라 관리되고 있다. 철로 제작된 축의 경우 인장강도의 1/25, 다른 재료로 구성된 경우 축계 피로한도의 1/6 값으로 기준치가 구성된다.

측정결과를 기준치와 비교한 결과 특정한 해상 환경에서 기준치를 만족하지 못하는 결과를 나타내고 있다. 특히 함정마다 특정한 회전속도에서 공진현상이 발생하여 축계 비틀림 진동이 매우 크게 발생하는 현상을 나타내었다. 같은 구조의 함정에서도 함정마다 이러한 공진주파수가 다르게 나타났으며 이에 따라 각 배의 실제 계측을 통한 특성을 파악하여 사용불가 주파수범위를 설정하거나 해상환경에 따라 축계 비틀림 진동이 위험한 상황에서는 경보를 발생시키는 등의 조치가 필요하며, 보다 강화된 시험방법 및 기준치를 통해 해군 함정의 축계 시스템의 비틀림 진동에 따른 파손을 방지하도록 조치가 이루어져야 한다.

4. 결 론

본 연구에서는 해군 함정의 축계 시스템에 작용하는 비틀림 진동의 측정을 통하여 기존의 해석결과 및 레이저 장비를 통한 측정값의 타당성을 분석하였으며, 실제 해군함정의 운용환경에서 축계 비틀림

진동을 분석함으로써 축계 파손의 원인을 규명하였다. 해상환경 및 공진현상에 따라 기준치를 초과하는 비틀림 진동이 계측되었으며 이러한 환경에서 축계의 파손을 예방하기 위하여 특수성능 시험평가에 있어 현실적인 시험방법과 기준치로 개선될 필요성이 있으며, 운용함정마다 고유주파수 범위에서는 사용을 자제하거나 비틀림 진동이 크게 발생할 수 있는 상황에서는 경보를 알리는 등의 조치가 이루어질 필요성이 있다.

후 기

이 연구는 국방기술품질원 자체연구로 실시되었으며 군사보안상 문제가 없음을 확인함.

참 고 문 헌

- (1) 한형석, 이경현, 박성호, 2013, “선체 구성 강판의 종류 및 고유진동수를 고려한 선체의 음향방사효율 추정”, 한국소음진동공학회논문집 제13권 제12호, pp 1073~1081.
- (2) MIL-STD-167-2, 1974, Mechanical Vibrations of Shipboard Equipment (Reciprocating Machinery and Propulsion System and Shafting).